

EVERTON PASSOS

**CLASSIFICAÇÃO FITOGEOMORFOLÓGICA  
DE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS NUMA  
PORÇÃO DO SETOR ORIENTAL DO  
ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal - Área de concentração Manejo Florestal da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Flávio Felipe Kirchner

CURITIBA  
2000



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA FLORESTAL

**PARECER DE DEFESA DE TESE n.º 97**

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de **DOUTORADO**, apresentada pelo candidato **EVERTON PASSOS**, sob o título **"CLASSIFICAÇÃO FITOGEOMORFOLÓGICA DE ECOSISTEMAS FLORESTAIS NUMA PORÇÃO DO SETOR ORIENTAL DO ESTADO DO PARANÁ"**, para obtenção do grau de **Doutor** em Ciências Florestais, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **MANEJO FLORESTAL**.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

Curitiba, 01 DE SETEMBRO DE 2000.

Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe  
Primeiro Examinador  
Depto. de Geociências - UFSC

Profa. Dra. Maria Lúcia de Paula Herrmann  
Segunda Examinadora  
Depto. de Geociências - UFSC

Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan  
Terceiro Examinador  
UFPR

Prof. Dr. João José Bigarella  
Quarto Examinador  
Depto. de Geografia/UFPR

Prof. Dr. Flávio Felipe Kirchner  
Orientador e Presidente da Banca  
UFPR



**Se todos nós sentirmos a ação secreta da natureza em seu governo eterno, se observarmos como das camadas subterrâneas emergem sempre novos indícios de vida e se disso guardarmos um sentimento, nosso destino será: “Eterna Juventude”.**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao encerrar esta pesquisa agradeço à Universidade Federal do Paraná e a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram com a elaboração desta tese por sua colaboração, atenção, apoio e encorajamento, diante das dificuldades encontradas no seu desenvolvimento: dificuldades essas que serviram de estímulo e desafio para o enfrentamento de um novo ramo de aplicação do conhecimento científico.

Aos colegas do Departamento de Geografia, pela liberação das atividades acadêmicas nos momentos de maior necessidade e especialmente àqueles que assumiram incondicionalmente o ônus da minha substituição, nos períodos de afastamento.

Ao comitê de orientação, pela confiança, sugestões, avaliações e críticas apresentadas. Em especial agradecimento ao professor João José Bigarella pelo incentivo e apoio ao longo do meu trajeto acadêmico.

À minha família em particular, pelo carinho, paciência, compreensão e colaboração, sempre dispensados e em especial ao longo deste doutorado.



## SUMÁRIO:

<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE PERFIS TOPOGRÁFICOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FOTOS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICO-CONCEITUAIS.....	8
2.1.1 Fatores Geomorfológicos.....	16
2.1.2 Evidências de Variações Climáticas no Quaternário e suas Implicações no Revestimento Florístico Regional e Local.....	22
2.2 EVOLUÇÃO DO RELEVO.....	29
2.3 SUPERFÍCIES E NÍVEIS DE EROÇÃO: CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	37
2.4 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	44
<b>3. ASPECTOS GERAIS DO ESPAÇO GEOGRÁFICO OBJETO DO ESTUDO.....</b>	<b>54</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO.....	54
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	56
3.2.1 Relevo.....	56

3.2.2 Hidrografia.....	57
3.2.3 Geologia e Aspectos Tectônico Estruturais .....	59
3.2.4 Clima .....	75
3.2.5 Geomorfologia .....	81
3.2.6 Fitogeografia .....	97
3.2.7 Solos .....	116
3.2.8 Conjuntos Pedológico-Geomorfológicos da Serra do Mar e Proximidades .....	124
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>129</b>
4.1 MATERIAL .....	130
4.1.1 Bases Cartográficas .....	130
4.1.2 Imagens Orbitais .....	130
4.1.3 Equipamentos .....	131
4.1.4 Softwares .....	131
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	132
4.2.1 Geoprocessamento .....	135
<b>5. RESULTADOS e DISCUSSÕES .....</b>	<b>153</b>
5.1 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS .....	154
5.1.1 Pré-processamento (Correção Geométrica das Imagens) .....	154
5.1.2 Processamento das Imagens e Integração dos Dados em SIG .....	156
5.1.3 Composições de Imagens Multiespectrais e Classificação Supervisionada .....	157
5.1.4 Classificação Supervisionada da Vegetação e Uso da Terra .....	162
5.2 UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS .....	166
5.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS .....	168
5.3.1 Sub-Unidades dos Compartimentos Geomorfológicos .....	174
5.3.2 Feições Geomorfológicas - Perfis Topográficos.....	189
5.4 UNIDADES FITOGEOMORFOLÓGICAS .....	194
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES .....</b>	<b>206</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>208</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>226</b>

## LISTA DE ANEXOS:

Anexo 8.1	Carta Imagem composição colorida, RGB- bandas 3,2 e 1 - Landsat-5 TM: .....	227
Anexo 8.2	Carta Imagem composição colorida, RGB- bandas 5,4 e 3 - Landsat-5 TM: .....	228
Anexo 8.3	Composição colorida das principais componentes PC1; PC2 e PC3 do sensor Landsat5-TM realçada pelo método Martin-Taylor:.....	229
Anexo 8.4	Modelos de elevação do terreno com vista dos parcial da borda de planalto e serra e planície litorânea:.....	230
Anexo 8.5	Modelo de elevação do terreno com imagem Landsat-5 TM Bandas 543 RGB da área pesquisada, vista de NE-SW num ângulo de 60°: .....	231
Anexo 8.6	Relatórios das matrizes de confusão e testes confiança de algumas das amostras usadas na classificação supervisionada gerado no PCI- Easi/Pace:.....	232
Anexo 8.7	Imagem de localização dos GCP's e .....	234
Tabela 8.1	Tabela de identificação com as coordenadas.....	235
Anexo 8.8	Análise por componentes principais.....	236

## LISTA DE PERFIS TOPOGRÁFICOS:

Perfil 5-1	Perfil transversal a Serra do Marumbi: .....	190
Perfil 5-2	Seção intermontana Serra do Marumbi - Serra das Canavieiras, transversal ao vale do Rio dos Padres: .....	191
Perfil 5-3	Detalhe da escarpa intermediária:.....	192
Perfil 5-4	Seção intermontana Serra da Baitaca - Serra do Marumbi: .....	193
Perfil 5-5	Corte transversal a baía de Paranaguá: .....	193

## LISTA DE GRÁFICOS:

Gráfico 3-1	Evolução do desmatamento das duas principais formações florestais no estado do Paraná:.....	99
Gráfico 3-2	Cobertura florestal do Estado do Paraná: .....	99
Gráfico 3-3	Percentual de ocorrência das principais unidades de solos nas diferentes superfícies geomorfológicas na Serra do Mar. ....	127
Gráfico 3-4	Percentual de ocorrência de afloramentos rochosos e de presença de pedregosidade e rochividade associados aos solos nas diferentes superfícies geomorfológicas na Serra do Mar. ....	128
Gráfico 3-5	Percentual de ocorrência de solos relativamente mais desenvolvidos nas diferentes superfícies geomorfológicas na Serra do Mar. ....	128
Gráfico 5-1	Comparação das assinaturas espectrais nas seis bandas dos alvos de interesse na classificação fitogeográfica. ....	163
Gráfico 5-2	Comparação das assinaturas espectrais das amostras dos alvos de interesse na classificação fitogeográfica. ....	164
Gráfico 5-3	Percentual relativo de frequências de topos e pontos cotados relacionados as diferentes classes de relevo representativas das unidades geomorfológicas.	
Gráfico 5-4	Área ocupada pelos diferentes compartimentos:.....	170

Gráfico 5-5	Percentual em área ocupada por feições aplainadas do relevo nos diferentes compartimentos hipsométricos: .....	176
Gráfico 5-6	Percentual relativo de superfícies suavemente inclinadas nas diferentes classes de relevo representativas das unidades geomorfológicas.....	178
Gráfico 5-7	Percentual relativo de superfícies muito inclinadas a escarpadas:.....	179
Gráfico 5-8	Superfície de baixos níveis da planície sedimentar flúvio - marinha: .....	181
Gráfico 5-9	Superfície do Pedimento dissecado P <sub>1</sub> , tálus e terraços:.....	181
Gráfico 5-10	Superfície do Pedimento dissecado P <sub>2</sub> :.....	181
Gráfico 5-11	Escarpas intermediárias:.....	181
Gráfico 5-12	Pediplano Pd <sub>1</sub> muito dissecado e rebaixado:.....	182
Gráfico 5-13	Pediplano Pd <sub>1</sub> elevado e Pediplano Pd <sub>2</sub> rebaixado. ....	182
Gráfico 5-14	Superfície do Pediplano Pd <sub>2</sub> .....	182
Gráfico 5-15	Superfície de remanescentes residuais do Pediplano Pd <sub>3</sub> . ....	182
Gráfico 5-16	Distribuição das classes de declive nos compartimentos:.....	186
Gráfico 5-17	Síntese das classes de declive nos compartimentos:.....	186

## LISTA DE FIGURAS:

Figura 2-1	Paleo-fitogeografia do continente sul americano no período entre 13(mil) a 18(mil) A.P.: .....	17
Figura 2-2	Relações entre relevo e cobertura: .....	17
Figura 2-3	Perfil esquemático, de seção típica do leito maior ou excepcional até o canal principal do rio Iguaçu, nas proximidades de Curitiba.....	18
Figura 2-4	Exemplo da relação hidrodinâmica de seção típica da vegetação no município de Guaratuba-Pr.: 19	19
Figura 2-5	Seqüência esquemática das mudanças produzidas na fitogeomorfologia durante alternâncias climáticas.....	25
Figura 2-6	Diagrama ilustrativo da evolução policíclica das superfícies de vertentes conforme ciclo de erosão onde: .....	33
Figura 2-7	Diagrama ilustrativo, conforme conceito básico de pedimento.....	38
Figura 2-8	Pedimento detrítico nível P <sub>1</sub> .....	39
Figura 2-9	Esquema das correlações existentes entre as diversas superfícies degradacionais e agradacionais.....	40
Figura 3-1	Localização da área de estudo: .....	55
Figura 3-2	Vista parcial de parte da área compreendida pela carta topográfica Mundo Novo: .....	57
Figura 3-3	Estrutura esquemática do sistema de juntas e relação com o intemperismo .....	64
Figura 3-4	Curva dos movimentos estáticos do nível do mar: .....	72
Figura 3-5	Regiões bioclimáticas do Estado do Paraná .....	76
Figura 3-6	Centros de ação básicos que definem as condições meteorológicas no Brasil Meridional e Sudeste, onde: .....	78
Figura 3-7	Massas de ar da América do Sul: .....	78
Figura 3-8	Dinâmica da chegada de uma frente fria na área estudada.....	79
Figura 3-9	Dinâmica da Massa Tropical Atlântica: .....	80
Figura 3-10	Domínios Morfoclimáticos da porção Centro Oriental da América do Sul: .....	82
Figura 3-11	Morfologia, característica abrangendo os blocos escarpados da Serra do Mar - borda de Planalto, Piemonte e Planície. ....	91
Figura 3-12	Perfil fitogeográfico esquemático da vegetação da porção oriental da Serra do Mar e Planície Litorânea: .....	104
Figura 4-1	Fluxograma das Etapas da Pesquisa .....	133
Figura 4-2	Detalhamento das Etapas de Pré-processamento e Processamento de Dados. ....	134
Figura 4-3	Articulação da base cartográfica planialtimétrica: .....	138
Figura 4-4	Modelagem cartográfica interpretativa da seqüência de operações cartográficas de integração, manipulação e transformação de dados. ....	152
Figura 5-1	Imagem completa georreferenciada:.....	155
Figura 5-2	Imagem georreferenciada e localização da área de pesquisa: .....	156
Figura 5-3	Recorte da imagem Landsat5-TM, bandas 3(B), 4(G) e 5(R), correspondente à área de estudo. ....	159

Figura 5-4	Composição falsa cor Landsat5-TM das três primeiras componentes principais: .....	160
Figura 5-5	Subzonas Bioclimáticas da Zona Ombrófila: .....	161
Figura 5-6	Mapa produzido a partir da classificação supervisionada de vegetação e uso da terra .....	165
Figura 5-7	Compartimentos Hipsométricos .....	176
Figura 5-8	Sub-unidades das principais superfícies de aplainamento .....	180
Figura 5-9	Grau de dissecação da superfície: .....	184
Figura 5-10	Mapa das Unidades Fitogeomorfológicas 1ª aproximação .....	198

## LISTA DE FOTOS:

Foto 3-1	Fotografia de depósito recente de talus associado a material colúvio aluvial .....	89
Foto 3-2	Fotografia de terraço correlativo a evento recente de deslizamento na Serra do Marumbi .....	89
Foto 3-3	Detalhe de Floresta Ombrófila Densa .....	100
Foto 3-4	Detalhe de Floresta Ombrófila Mista .....	113
Foto 5-1	Detalhe de vegetação de transição entre a Floresta Ombrófila densa e Floresta Ombrófila Mista com Araucaria .....	167
Foto 5-2	Floresta Ombrófila Mista com Araucaria com características de altomontana .....	201

## LISTA DE TABELAS:

Tabela 2.1	Superfícies de aplainamento e cronologia .....	39
Tabela 2.2	Bandas do sensor orbital Landsat - TM, intervalo espectral, aplicações, características .....	48
Tabela 3.1	Síntese geológica. ....	60
Tabela 3.2	Nomenclatura das Grandes Superfícies Aplainadas do Território Brasileiro, conforme diversos autores. ....	86
Tabela 3.3	Características das Superfícies Residuais Pediplanadas .....	91
Tabela 3.4	Áreas de floresta original remanescente no Estado do Paraná do período de 1930 a 1979 .....	98
Tabela 5.1	Unidades Fitogeográficas e suas principais características. ....	157
Tabela 5.2	Frequência nos intervalos de classe de pontos cotados: .....	169
Tabela 5.3	Percentual relativo da declividade dos compartimentos: .....	174
Tabela 5.4	Área dos compartimentos e respectivos sub-compartimentos .....	177
Tabela 5.5	Unidades fitogeomorfológicas. ....	199
Tabela 8.5	Solos das superfícies residuais de topo alto .....	249
Tabela 8.6	Solos das superfícies residuais de Pedimentos .....	250
Tabela 8.7	Solos de Piemonte adjacentes a Pediplanos, Pedimentos e áreas indiferenciadas .....	253

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS:**

**Adap.** = Adaptado

**A. P.** = Antes do Presente (ano).

**a.n.m.** = acima do nível médio do mar.

**ADEA** = Associação de Defesa e  
Educação Ambiental

**COMEC** = Coordenação da Região  
Metropolitana de Curitiba

**EMBRAPA** = Empresa Brasileira de  
Pesquisa Agropecuária

**IBGE** = Instituto Brasileiro de Geografia e  
Estatística

**IPARDES** = Instituto Paranaense de  
Desenvolvimento Econômico e Social

**MINEROPAR** = Minerais do Paraná

**MNT** = Modelo Numérico do Terreno ou  
Modelo de Elevação do Terreno.

**P<sub>1</sub>** = Pedimento nível 1

**P<sub>2</sub>** = Pedimento nível 2

**P<sub>3</sub>** = Pedimento nível 3 = Pd<sub>1</sub>

**Pd<sub>1</sub>** = Pediplano nível 1

**Pd<sub>2</sub>** = Pediplano nível 2

**Pd<sub>3</sub>** = Pediplano nível 3

**Tc** = Terraço com cascalheiro

**TM** = Thematic Mapper

**Tp** = Terraço de pedimento

**Tpd** = Terraço de pediplano

**Tv.** = Terraço de várzea

**Trad.** = Tradução

**UFPR** = Universidade Federal do Paraná

**V** = Várzea

## RESUMO

Este estudo propõe uma classificação fitogeomorfológica da paisagem natural fundamentada nos princípios metodológicos da síntese geográfica usando a integração cartográfica, e os recursos de geoprocessamento. A pesquisa baseia-se em fundamentos teórico conceituais da teoria sistêmica e na geomorfologia climática, abordando aspectos de relações existentes entre as superfícies geomórficas identificadas genericamente como superfícies de aplainamento e a fitogeografia. O estudo estabeleceu parâmetros de classificação a partir da análise de informações das relações entre o relevo e a vegetação mencionadas na literatura, consideradas no sistema brasileiro de classificação da vegetação em uso e em dados de estudos das superfícies geomorfológicas desenvolvidos na região a partir da década de sessenta. Para tal análise e classificação, foram gerados planos de informação com uso de sistema de informação geográfica e de sistemas de processamento digital de imagens orbitais, complementados com observações de campo e dados disponíveis, que por meio de operações cartográficas de: classificação, cruzamento de planos de informação e uso de operações zonais por meio de álgebra de mapas, que permitiram a integração dos dados físicos e bióticos. As superfícies de aplainamento identificadas como elementos determinantes na caracterização das unidades fitogeomorfológicas foram relacionadas à altitude e a fatores morfológicos evidenciados na declividade, possibilitaram sua discriminação e análise a partir do modelo numérico do terreno e o reconhecimento da distribuição da vegetação, tipos solos e formações geológicas, possibilitaram numa primeira aproximação estabelecer alguns parâmetros de morfométricos, para a classificação fitogeomorfológica da paisagem. O estudo evidencia as relações da distribuição da vegetação e da própria riqueza da biodiversidade dessa região de transição tropical-subtropical, com processos decorrentes da evolução e dinâmica do meio físico onde se destacam mudanças geomorfológicas de natureza climática ocorridas no período compreendido entre o Plioceno e o Holoceno. Dentre os principais condicionantes da distribuição atual da vegetação evidenciam-se as superfícies de aplainamento, identificadas nas facetas da paisagem definidas como pedimentos e pediplanos, que serviram para a identificação da maioria das unidades da paisagem e cujo grau de estabilidade permitiu delimitar as suas sub-facetas. Tal classificação da paisagem, mediante critérios de análise fitogeomorfológica, demonstrou a possibilidade de aplicação dos conhecimentos da geomorfologia climática, como base para o mapeamento de unidades da paisagem em ambientes tropicais e subtropicais, estudo para o os recursos de geoprocessamento apresentam-se como valiosas ferramentas de análise síntese e manipulação das informações, bem como na geração do mapeamento, para o qual foram imprescindíveis a contribuição dos dados obtidos por sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

This study propose a phytogeomorphologic classification of the natural landscape based in methodological principles of the geographic synthesis, using cartographic integration, and geoprocessing resources . The research is based in principles of theoretician conception of the systemic theory and climatic geomorphology approach of relations that exists, between the geomorphic surfaces identified as planing surfaces and phytogeography .The study established parameters of classification from information analysis of the relations that exist between relief and vegetation, mentioned in literature, considered the vegetation classification of Brazilian system and data obtained from geomorphologic surfaces, advanced in the region from decade of 1960. For this analysis and classification, were generates information layers using geographic information system and digital processing of images, complemented with field work and available data using cartographic operations as classification ,crossing of layers and use of zonal operations by means of map algebra, that allowed the integration of physics and biotic data . Identified as determinants elements in the characterization of geomorphology units, planing surfaces were related to altitude and morphologic factors evidenced in declivity, enabled their analysis and delimitation based in model digital of terrain, the vegetation distribution, soil types and geological formations, that permitted in a first approach to establish some morphometric parameters and a phytogeomorphologic classification of landscape. The study evidences the relations of the vegetation distribution of the own biodiversity of tropical and subtropical transition, with current process of evolution and dynamics of the physical environment in which distinguish geomorphologic changes of climate nature occurred during the period between Pliocene and Holocene. Among the principal conditionings of the actual vegetation distribution, are the principals planning surfaces identified in landscape facets defined as pediments and pediplains whose dissection degree permitted the delimitation of theirs sub-facets. The principles conceptions of landscape classification, using discernment of phytogeomorphologic analysis manifest the possibility of concretion and application of the knowledge of climatic geomorphology, based in delimitation of landscape units in tropical and subtropical environments for which geoprocessing resources are recommended, as important tools to analysis synthesis and information process, contribution in the map generation for which remote sensing data are indispensable.



## **1. INTRODUÇÃO**

A aplicação e o desenvolvimento de técnicas conservacionistas, voltadas ao uso adequado da terra e seus recursos naturais, têm contribuído para a conservação e preservação do meio ambiente, junto a diferentes atividades humanas como a silvicultura, agricultura, pecuária, mineração e urbanização, entre outras. Ainda assim, são freqüentes os problemas ambientais decorrentes do uso indevido da terra, em regiões que apresentam condições ambientais frágeis como as encontradas na Serra do Mar, localizada ao longo de grande extensão do setor oriental do território brasileiro, onde o potencial de recursos, como o da biodiversidade, é subestimado e pode ser comprometido, ainda que parcialmente, por simples desconhecimento.

Entre as causas dessa falta de informação, tem-se a inexistência de levantamentos sistemáticos detalhados dos recursos naturais e de meios eficientes para romper a relutância da comunidade em aceitar inovações tecnológicas. A problemática em parte decorre da ausência de proposições metodológicas ou técnicas que permitam adaptar e disponibilizar dados e informações espaciais georreferenciados existentes, de forma simplificada e objetiva, a usuários ou, ainda, quando existentes da impossibilidade de serem consultadas e compreendidas, em face das dificuldades de interpretação, localização e acesso a essas informações.

Diante da falta de levantamentos sistemáticos de biótopos de ecossistemas florestais, deve ser considerada pela comunidade técnico-científica a proposição de métodos de levantamentos alternativos, que venham suprir tal lacuna, em particular quando sua aplicação envolve o uso de dados disponíveis em cartas topográficas e imagens orbitais. Dados estes que possibilitam localizar áreas ecologicamente sensíveis, delimitar unidades de preservação ou conservação de ecossistemas particulares, indicar áreas com potencial de ocorrência de espécies endêmicas, avaliar a potencialidade dos sítios florestais quanto ao seu grau de sustentabilidade natural ou, ainda, simplesmente delimitar unidades de paisagem.

Por outro lado, as unidades de paisagem podem ser relacionadas a aspectos morfológicos e de altitude (relevo) e possibilitam, por meio de técnicas de correlação, determinar a sua distribuição atual e reconstituir sua distribuição ao longo do tempo geológico, mediante a análise de seus depósitos correlativos em topossequências, permitindo a compreensão da ocorrência dos solos, da vegetação, e dos demais recursos naturais superficiais e subsuperficiais correlatos.

A distribuição dos diversos tipos de cobertura vegetal esta relacionada à variabilidade geográfica de fatores edáficos e climáticos, e estes por sua vez encontram-se condicionados por determinantes geomorfológicas, dentre as quais destacam-se as topossequências constituídas por superfícies geomórficas identificadas como Superfícies de Erosão e ou Sedimentação. Superfícies geomórficas essas encontradas de forma generalizada em toda paisagem e que, em seu aspecto bidimensional, podem ser delimitadas no espaço e no tempo, facilitando a sua identificação e o mapeamento como unidades básicas da paisagem.

Desse modo, o estudo da origem, estrutura e composição das referidas superfícies geomórficas (de erosão e/ou sedimentação) contribui para o entendimento da evolução da paisagem e de sua dinâmica atual, tendo aplicabilidade em áreas de conhecimento tais como: a engenharia, ecologia, a biogeografia e o planejamento do uso da terra e seus recursos. A exemplo de informações geotécnicas importantes para implantação de edificações ou de infra-estruturas rurais, urbanas e industriais, manejo e conservação de solos, exploração ou manejo de recursos florestais, estudo de impactos ambientais, delimitação de áreas de risco ambiental, entre outros.

A topossequência reconhecida em levantamentos locais das superfícies de erosão e/ou sedimentação, além de facilitar a determinação correlativa da idade dos solos e o entendimento

de sua distribuição, ao fornecer informações sobre a dinâmica ambiental do passado especialmente a relacionada as flutuações climáticas de ciclo curto, de passado recente (Quaternário), coloca as superfícies como importante fator na análise fitogeomorfológica da distribuição dos ecossistemas florestais.

No entanto, verifica-se que na literatura que trata da fitogeografia brasileira tanto nível geral quanto local, a abordagem dos fenômenos geomorfológicos tem relativa superficialidade, exceto em certo detalhamento quanto às interações solo-clima-gradiente topográfico, a exemplo de pesquisa localmente efetivada na Serra da Baitaca (Serra do Mar - Pr.) por RODERJAN (1994), sendo raras as citações que mencionam os fatores geomorfológicos relacionados a uma análise espacial mais detalhada da distribuição fitogeográfica.

Nesse sentido, este estudo procura contribuir na identificação de evidências de relações da geomorfologia com a distribuição da vegetação e na compreensão da própria biodiversidade dessa região de transição tropical-subtropical, tendo como base a análise de processos decorrentes da evolução e dinâmica do meio físico, em que se destacam as mudanças geomorfológicas de natureza climática ocorridas no período compreendido entre o Plioceno e o Holoceno, identificadas em facetas da paisagem definidas como pedimentos e pediplanos.

A experiência nesta linha de trabalho resulta da vivência em levantamentos integrados iniciados em 1978, junto à equipe de levantamento de recursos naturais coordenada por J.J. Bigarella, (BIGARELLA et al., 1979; PASSOS, 1987), da produção de vários levantamentos geomorfológicos executados na Região Metropolitana de Curitiba, da especialização em geoprocessamento e sensoriamento remoto, complementados em disciplinas específicas cursadas no pós-graduação da Engenharia Florestal. Tem-se assim o suporte necessário para o uso da metodologia e levantamentos, como elementos de desenvolvimento do modelo proposto de classificação e análise da distribuição de biótopos de formações florestais, por métodos indiretos.

A realização deste estudo foi possibilitado pelo uso das novas tecnologias e equipamentos de geomática aplicados na cartografia, as quais permitem o processamento digital de imagens orbitais e especialmente no uso integrado de sistemas de informações geográficas. Tais recursos, denominados de geoprocessamento, apresentaram-se como

ferramentas eficientes na geração de informações, análise, gerenciamento e divulgação, técnicas que facilitam a tomada de decisões no manejo e uso de recursos ambientais e florestais.

O estudo buscou na aplicação das bases conceituais da geomorfologia climática, estabelecer critérios de mapeamento das unidades da paisagem com uso de recursos de geoprocessamento tendo como principais objetivos: 1) caracterizar e identificar a fitogeografia e geomorfologia local; 2) propor uma classificação fitogeomorfológica das unidades identificadas; 3) cartografar as unidades fitogeomorfológicas identificadas e 4) caracterizar as unidades mapeadas.

Dentre os principais resultados alcançados no presente estudo destaca-se a proposta de classificação fitogeomorfológica, elaborada com base no referencial bibliográfico referente ao conhecimento geomorfológico sobre fatores da gênese da paisagem determinantes na distribuição da vegetação, nos levantamentos de campo, nas informações e dados gerados em processamento digital de imagens orbitais Landsat-5 TM e em manipulação e análise integrada desenvolvida em Sistema de Informações Geográficas (SIG), em que mediante o uso de operadores zonais desenvolvidos e operações algébricas com planos de informação (*layers* ou *coverages* como são conhecidos na literatura em língua inglesa), foi possível efetivar a classificação da paisagem e gerar numa primeira aproximação o mapa fitogeomorfológico na escala 1:260.000.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985), “a conjugação dos esforços, informações e conhecimentos dos diferentes segmentos da sociedade, devem viabilizar a definição e aplicação de uma política de uso e ocupação do solo, em bases racionais e firmemente assentada no ecossistema”. Para tal, os autores sugerem que a solução dessa problemática deve ser materializada por meio de “aporte dos conhecimentos e experiências dos setores institucionais específicos”, no sentido de conseguir uma “visão integrada” do ecossistema. Destaca-se o solo como um dos principais recursos naturais dos ecossistemas, o qual é originado de produtos do intemperismo, “mediante a intervenção do clima, relevo, organismos e tempo” e que, para o seu desenvolvimento, requer condição de equilíbrio do ambiente de formação, onde a vegetação representa um dos fatores ambientais determinantes de tal equilíbrio, condicionado pelas condições climáticas e edáficas.

Dentre os inúmeros problemas pertinentes ao entendimento da distribuição dos ecossistemas florestais necessários ao seu manejo sustentado e à sua preservação, ainda que amplamente debatidos por diferentes profissionais quanto a sua análise, não é raro que fatos comuns acabem sendo mal solucionados, por serem parcialmente compreendidos e tratados com soluções isoladas normalmente ineficientes. A gestão dos ecossistemas reconhecidamente deve fazer parte de estudos integrados em bases amplas, cuja fundamentação teórica orienta a um referencial bibliográfico amplo e diversificado, o qual se inicia nessa revisão.

Dada a abrangência do estudo, dividiu-se o presente capítulo em subtítulos que visam a partir de fundamentos teóricos conceituais envolver aspectos relativos à evolução do relevo e da biota dando ênfase às superfícies de aplainamento e suas relações com a fitogeomorfologia atual, ainda pouco conhecidas.

BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985) apontam que “o estágio atual da pesquisa científica é precário”, devido à grande variedade da problemática regional, aliada à “necessidade do aprofundamento da questão”. A isso coloca-se a necessidade de uma visão integrada dos ecossistemas florestais como elementos da paisagem, ou seja, a sua compreensão como sistemas parciais dentro de uma análise mais ampla conceitualmente expressa pela teoria de classificação da paisagem propostas por BERTRAND (1972) e SOTCHAVA, (1976,1977).

SOTCHAVA (1976) inseriu a “noção de geossistema”, que passa a ser divulgada após o Simpósio realizado junto a III Conferência Geral da União sobre Geografia Aplicada, realizado em Irkutsk em 1975. Sotchava em comunicação anterior Havia destacado que: “Sintetizar o parcelamento do meio natural é um requisito essencial a solução de muitos problemas geográficos, tais como a elaboração de cartas de paisagem (“landschaft”)- entre elas os mapas panorâmicos do geossistema russo - asiático.”(SOTCHAVA,1972).

Geossistemas que, segundo SOTCHAVA (1977), são considerados fenômenos naturais que representam a expressão espacial da organização hierárquico-funcional do meio natural, nas diferentes escalas - planetária, regional e topológica -, caracterizados pela convergência dos princípios de homogeneidade e diferenciação de qualidades integrativas (fácies), respectivamente identificados em “geômeros” e “geócoros”<sup>1</sup>.

No estudo de geossistemas, os princípios topológicos da paisagem possibilitam que o geossistema seja abordado de modo sistêmico na sua regionalização, “garantindo a determinação de todos os outros componentes da natureza, tanto críticos quanto os de menor significação”. Esse autor ressalta que a regionalização deve ter como referência o geômero<sup>2</sup>, pois, segundo a sua proposta metodológica e conceitual, é por meio dele que podem ser avaliados os papéis de todos os seus componentes. E, finalmente, chama a atenção de que a classificação bilateral do geossistema “facilita a utilização de computadores para fins de regionalização e classificação da tipologia do solo” (SOTCHAVA, 1977).

Essa abordagem metodológica da Geografia Física, que tem como objeto de pesquisa o meio ambiente, valorizou os estudos integrados e interdisciplinares da geografia, entre os quais destacam-se os aspectos abordados na geomorfologia ambiental, a qual em o seu estudo voltado aos processos e feições, constituídos pelas relações antrópicas e meio ambiente sob o ponto de vista da análise e classificação de sistemas ambientais, tem bastante a contribuir, uma vez que a realidade geográfica é construída por convergência ocasional de elementos e processos evolutivos em que a ação humana é cada vez mais marcante.

---

<sup>1</sup> SOTCHAVA(1977), sintetiza-se que “a estrutura de um geômero é sempre condicionada pela combinação de feições do espaço terrestre de um dado geócoro sendo os princípios topológicos da paisagem engendrados pelo regional e este regional por sua vez, é determinado pela composição topológica do geócoro.”

<sup>2</sup> Para Sotchava (1977) “tomar o núcleo original correspondente ao geômero primitivo como ponto de referência para os estados variáveis do geossistema torna-se condição necessária par que seja possível classificar as subdivisões do ambiente natural”.

Dividindo a paisagem em dois subconjuntos interdependentes, o físico e o humano, BERTRAND (1972) sugere que o conjunto físico estruturalmente bem delimitado em sua análise setorial tem sua integração e seu entendimento pleno como parte do geossistema, quando abordado pela teoria biorresistásica de ERHART(1955), cujo princípio taxonômico, junto a critérios ecológicos e dinâmicos, somados aos levantamentos setoriais anteriormente mencionados, constituiu a base para a cartografia dos geossistemas que em sua plenitude sintetizam os produtos cartografados das pesquisas setoriais e integradas.

As proposições de BERTRAND (1972) e SOTCHAVA (1977) sugerem uma análise da paisagem que ultrapassa a visão de relevo exclusivamente, ao que Bertrand (op. cit.) denominou de Ciência da Paisagem. De modo similar, ao tratar de ecossistemas, TRICART (1977) sugere trabalhar o meio físico de forma integrada, ou seja, “ecodinâmica”, por meio da análise sistêmica resgatando a concepção de CHORLLEY (1954).

No final da década de 1970 no Brasil, em estudos locais, equipe coordenada por J.J. Bigarella desenvolveu proposta de levantamento de recursos naturais utilizando o método da integração cartográfica (BIGARELLA et al., 1979 e BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). Esta nova forma de propor a análise geomorfológica marca uma tendência que encaminha a Geomorfologia à aplicação ambiental e a direciona à articulação não só com as demais áreas da Geografia, como também na busca da interdisciplinariedade, com a integração com as ciências tanto da terra como biológicas, tecnológicas, agrárias e sociais ou humanas aplicadas.

Dentre os inúmeros problemas ambientais decorrentes do uso dos ecossistemas (unidades parciais de geossistemas) no Estado do Paraná, destacam-se os referentes aos recursos florestais, que já fizeram parte de uma importante fase do ciclo econômico deste Estado, o qual de sua cobertura territorial original (83,7%) teve suas áreas florestais reduzidas a 5,1%, (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985).

Embora seja reconhecida a importância desses remanescentes florestais no território paranaense, ainda faltam estudos mais detalhados setorializados desses ecossistemas e em particular estudos mais amplos de natureza integrativa com visão dos diversos ramos do conhecimento técnico-científico, envolvendo especificamente a questão do manejo florestal.

Tais estudos são ainda poucos e limitados em sua análise espaço-temporal e demonstram a necessidade de levantamentos específicos de base, fundamentais para a análise

integrada dos determinantes de controle “geocientífico”, anteriormente mencionados por BIGARELLA; MAZUCHOWSKI (1985).

A partir das considerações anteriores, busca-se evidenciar as atuais tendências na abordagem integrada da paisagem como a exemplo de novas posições tomadas no campo da geomorfologia, como a introdução do termo “ecogeografia”, definindo “um ponto de vista que consiste em estudar como o homem se integra nos ecossistemas e como essa integração é diversificada em função do espaço terrestre”. (TRICART e KILIAN, 1982).

Por outro lado, a geografia física aplicada, que cada vez mais direciona-se aos estudos integrados da paisagem, trabalho que vem sendo facilitado com os avanços da informática, (implementadas nas tecnologias de sensoriamento remoto e Sistemas de Informação Geográfica conhecidos pelas siglas SIG ou GIS (*Geographic Information System*) na língua inglesa); no entanto, tais estudos somente lograrão êxito se fundamentados em informações consistentes e em estudos setoriais persistentes nas suas disciplinas de base e em seu aprofundamento, ao mesmo tempo que se adaptem a uma leitura ou linguagem interdisciplinar.

Nesse sentido, a presente contribuição busca, no estudo interdisciplinar da geomorfologia e fitogeografia, encontrar, a partir do critério “fitogeomórfico”<sup>3</sup>, a classificação da paisagem, ainda que em forma de ensaio limitado aos aspectos setoriais físico-naturais do geossistema e aproximar a geografia das ciências florestais, ou mais especificamente a geomorfologia ambiental ao manejo florestal. Espera-se assim contribuir para sua articulação dentro das ciências agrárias.

## 2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICO-CONCEITUAIS

A distribuição atual da vegetação, dos demais organismos vivos e da própria riqueza da biodiversidade das regiões tropicais e subtropicais, em grande parte, é devida a processos decorrentes da evolução e dinâmica do meio físico onde são evidentes a importância das mudanças decorrentes do clima e suas implicações geomorfológicas, especialmente na história geológica recente (Plioceno/Pleistoceno/Holoceno).

---

<sup>3</sup> O termo “fitogeomórfico” e suas derivações serão utilizados no presente estudo conforme proposição de HOWARD e MITCHELL (1980) ou seja ; “o termo fitogeomórfico é utilizado para enfatizar o lugar nas relações existentes entre forma da terra e vegetação derivada da hierarquia das unidades da terra relacionada a áreas de cobertura



Em estudos de caráter interdisciplinar de ecossistemas e paleoambientes, envolvendo os campos da biologia e das geociências, alguns autores têm destacado a importância do estudo das relações entre a vegetação e o relevo e de sua dinâmica ao longo do Quaternário do Brasil tropical e subtropical, para a reconstituição paleoambiental, dentre os quais podem ser citadas as contribuições de MÜLLER (1970), HAFFER (1969), AVILA-PIRES (1974), BIGARELLA; ANDRADE-LIMA; RIEHS (1975). Particularmente os últimos autores apresentam proposta metodológica integrando estudos geológicos, geomorfológicos, paleoclimáticos, biogeográficos e genéticos, pois concluem que os ambientes e respectivas biocenoses sucederam-se em função de vários fatores, dos quais destacam-se os ciclos geoclimáticos.

Para LABOURIAU (1994), o conhecimento do sistema de circulação geral é fundamental no estudo ambiental, pois o mesmo, através de correntes atmosféricas, é o principal agente de transporte do vapor de água. Dele decorre a precipitação que influi diretamente no balanço hídrico, além de ser o responsável pela mobilização do calor, diferenciando significativamente o balanço energético local em face de fatores zonais de distribuição da radiação.

Das alterações nas zonas bioclimáticas provenientes de fatores fisiográficos nos continentes, decorrem as regiões geobotânicas especiais (campos, cerrados, florestas pluviais, desertos etc.), pois tais fatores são determinantes em modificações no sistema de circulação geral. Deste modo, a disposição de feições geomorfológicas, a estruturas e os materiais que indicam paleoambientes como regiões áridas, geleiras e outras mudanças decorrentes do macroclima, podem servir ao entendimento tanto da disposição das massas continentais quanto dos fatores fisiográficos do passado.

Segundo WALTER (1973), em áreas floristicamente homogêneas, a estrutura da vegetação é determinada pelo ambiente, primariamente pelo clima e solo. O clima exerce influência na vegetação diretamente e indiretamente por meio do solo o qual, juntamente com a vegetação, tem sua natureza determinada pelo clima. Portanto, clima, solos e vegetação são interdependentes e podem, para efeito de análise ambiental, ser considerados como uma única entidade.

---

*extensiva da superfície da terra. O termo unidades da terra é utilizado como termo genérico a ser usado quando refere-se a unidades da terra de qualquer tamanho."*

Na evolução dos solos e na conseqüente diferenciação ambiental, em regiões tropicais e subtropicais, BIGARELLA, BECKER e PASSOS (1997) destacam a importância da ação do intemperismo, maior que em qualquer outro ambiente. São regiões que sofreram significativas mudanças na cobertura vegetal e suas relações com a atividade biológica, bem como, suas interações com a morfogênese, em face da alternância climática vigente especialmente a partir do Quaternário, quando se alternaram fases de maior ação do intemperismo mecânico com fases de maior ação do intemperismo químico e da ação biológica.

Correlações ou afinidades entre vegetação e dinâmica geomorfológica (morfodinâmica) vêm sendo estudadas em pesquisas como de: DOUGLAS (1967), DUNNE (1979), PLOEY e CRUZ (1979), SEMMEL e ROHDENBURG (1979) e ROHDENBURG (1983), entre outros. Trabalhos dessa natureza, que indicam a importância do estudo integrado da fitogeomorfologia do presente ou paleogeográfico como facilitador do entendimento da evolução e das relações de fatores ambientais e as suas implicações na distribuição de suas biocenoses em especial a vegetação, constituem pressupostos básicos no presente estudo, cuja problemática é a seguir abordada.

São inúmeras e significativas as mudanças registradas a partir do Cenozóico nos mais diversos ambientes, em particular nas regiões tropicais e subtropicais. Dentre vários processos apontados como causadores de alterações ambientais, destacam-se as flutuações climáticas, cujos registros são freqüentes na literatura, especialmente reportando-se a períodos mais recentes, Pleistoceno e Holoceno. (BIGARELLA, et al., 1961; BIGARELLA, e SALAMUNI, 1962; 1961; BIGARELLA, 1963; BIGARELLA e AB'SABER, 1964; MOUSINHO e BIGARELLA, 1965; BIGARELLA, et al. 1965; PENTEADO, 1967; BIGARELLA, 1971; BIGARELLA, et al., 1975; BECKER, 1982; MOURA e SILVA in CUNHA e GERRA, 1998; entre outros).

Originalmente AB'SABER (1963) buscou na teoria dos refúgios estabelecer relações entre "ilhas" de vegetação exótica encontradas dentro de áreas "core", estas individualizadas por "feições geomórficas originais". Áreas que "possuem filiação muito direta com a história paleoclimática das regiões onde se fixaram e se expandiram" sendo resultantes de superposições de fatos geomorfológicos e geopedológicos determinantes as quais definiu como sendo resultantes "das condições médias ecológicas nelas encontradas". Quanto à presença das ilhas de diferentes domínios morfoclimáticos e geobotânicos, segundo o autor (op. cit.), "só

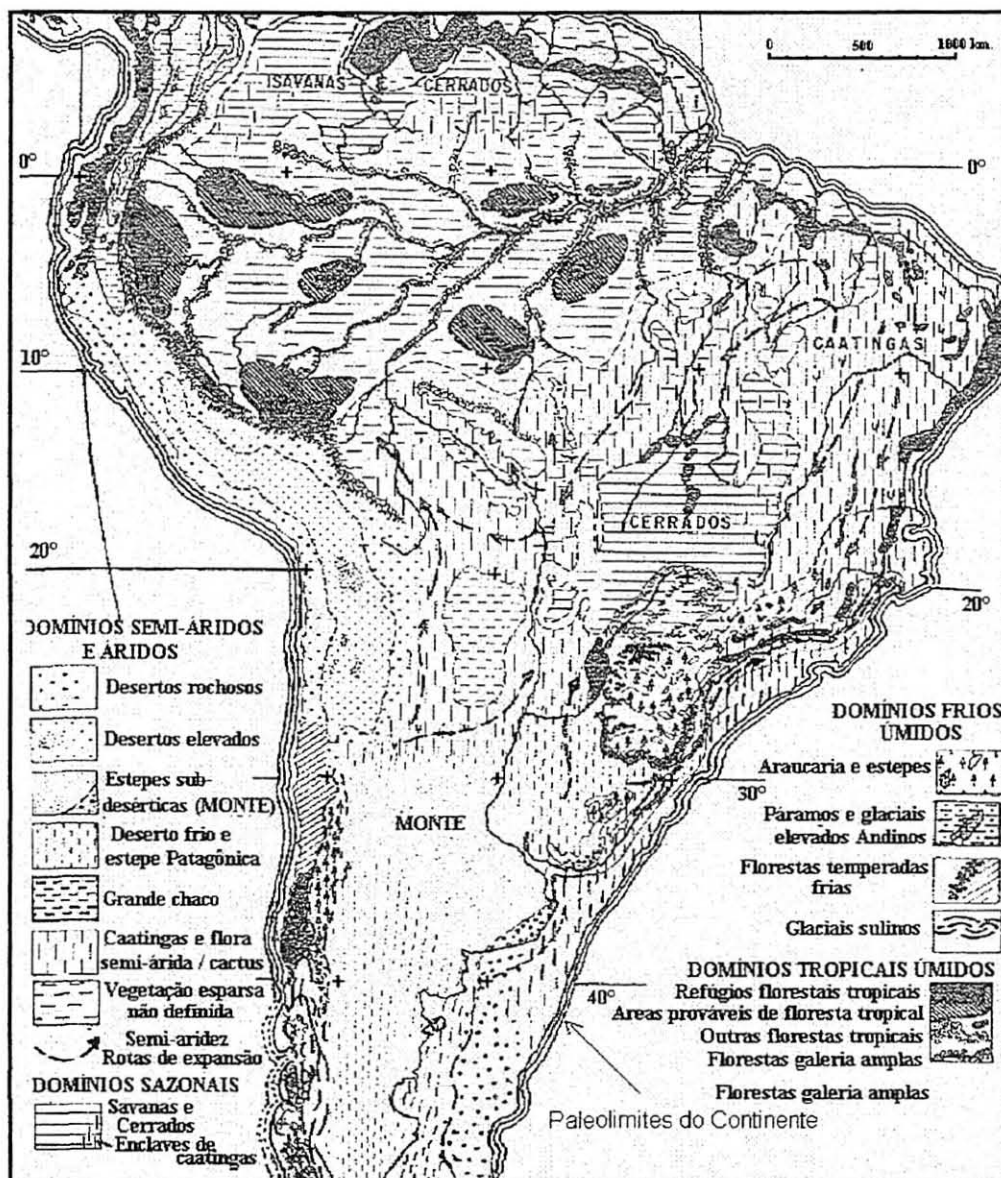
podem ser explicados pela existência de fatores locais de exceção de ordem litológica, hidrológica, topográfica e paleobotânica”.

Os estudos referentes à problemática em questão são estimulados ainda mais pela constatação da ocorrência de espécies atuais correspondentes a fósseis encontrados em depósitos relacionados a eventos desencadeados por processos geomorfológicos passados RIZZINI (1979). Dentre os fósseis correlatos a eventos climáticos encontrados, não raro estes são relacionados a períodos geológicos mais remotos, até mesmo anteriores aos primórdios do Cenozóico (Paleozóico), segundo BIGARELLA, ANDRADE e RIEHS (1975); são fatos que consolidam ainda mais a teoria dos refúgios.

Discutida a partir da década de 1970, a teoria baseia-se na noção de que os refúgios serviram para abrigar plantas e animais em períodos climáticos desfavoráveis (glaciações), tendo esse isolamento servido para a diferenciação das espécies em subespécies e variedades. A teoria de refúgio quando estendida para as regiões tropicais e subtropicais por autores como: HAFFER, (1967); MOREAU, (1969); BIGARELLA, ANDRADE e RIEHS(1975); RIZZINI, (1979); PRANCE, (1982) e VANZOLINI, (1992), relaciona o isolamento a fases climáticas mais severas de aridez ou semi-aridez, vigentes durante os períodos glaciais, precedidas, ainda, por flutuações menores, entre períodos pluviais e displuviais, durante a ocorrência correlata das fases interglaciais no hemisfério boreal. Tais ciclos produziram o isolamento e expansão das florestas sobre a vegetação aberta, o que teria favorecido a geração da grande diversidade da fauna e flora tropical e subtropical atual, assim como a distribuição de áreas endêmicas atuais.

BROWN, Jr. e AB’SABER, (1979) correlacionam as variações climáticas do passado com a atual distribuição de áreas endêmicas na América do Sul. Com base em informações obtidas da integração de dados paleoclimáticos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e palinológicos, os autores definiram a localização de antigos refúgios florestais da Floresta Tropical Úmida na América do Sul durante a vigência da última glaciação quando (figura 2.1) estabeleceram suas relações com a atual distribuição da cobertura vegetal.

A sucessão de eventos e a diversidade de condições locais, conforme LABOURIAU (1994), evidenciam a complexidade do problema de estudo dos refúgios tropicais e subtropicais, assim como a importância do estudo integrado da evolução dos ecossistemas terrestres, conseqüentemente relativos a seus respectivos biótopos e biocenoses.



**Figura 2-1: Paleo-fitogeografia do continente sul americano no período entre 13(mil) a 18(mil) A.P.:** Distribuição da cobertura vegetal em período de retração florestal, conforme BROWN e AB'SABER(1979).

Os biótopos, segundo TROPPIAIR(1987), são uma expressão espacial delimitada pela interdependência entre aspectos estruturais bióticos e abióticos, sendo definidos por um espaço ocupado por uma determinada biocenose. Portanto, os biótopos integram um ou mais ecossistemas ocupados por determinada biocenose e seus diversos tipos de vida, e certamente caracterizam unidades paisagísticas em escala análoga ao geótopo de BERTAND (1972).

Em estudo de biótopos, TROPPIAIR (1987) sugere a escala 1:50000 como adequada para mapeamento dos mesmos e considera como sendo aspectos essenciais no levantamento: os geoambientais, os ecossistêmicos e os populacionais. Destaca ainda que na definição de parâmetros desses aspectos atuais é fundamental considerar a “evolução do

passado distante e recente”, pois isso facilita a avaliação do biótopo e permite identificar se há maior ou menor diversidade dos nichos ecológicos, de habitats e conseqüentemente de sua biodiversidade, estrutura e dinâmica.

Como unidade de paisagem, o biótopo é delimitado, classificado e caracterizado como um todo homogêneo ( Neef ; Haase, Hubrich - in TROPMAIR,1987), deve passar por uma análise mais detalhada pelo estudo integrado (geossistêmico) dos diferentes topos segundo, Troppmair (op. cit.): Morfotopo - tipos de formas geomorfológicas, com propriedades próprias e definidas, associados ao mesmo processo morfogenético. Pedotopo - complexo parcial do solo com propriedades físicas, químicas e biológicas específicas. Hidrotopo - complexo parcial que se caracteriza pela mesma superfície de água ou o mesmo comportamento da água do solo; Climatopo - clima local (mesoclima) associado principalmente ao relevo (morfotopo); Fitotopo - abrange a cobertura vegetal, sua composição, dinâmica (sucessão) e expressão como reflexo das condições geoecológicas reinantes, portanto estreitamente ligado ao pedotopo, hidrotopo e climatopo; Zootopo - abrange a fauna local, sua dinâmica, seu habitat, sua adaptação às condições ecológicas decorrentes dos demais topos.

JIMÉNEZ (1993) propõe o bioclima como base para a classificação de dois sistemas morfogenéticos identificados como biostasia e resistasia, considerando que “o clima sempre tem uma influência na configuração do relevo; uma influência que se manifesta em diferentes momentos da morfogênese e cuja intensidade varia como conseqüência da grande diversidade de meios bioclimáticos existentes na superfície terrestre”. Isto é, entre meios com densa cobertura vegetal das regiões intertropicais onde o clima favorece os processos de intemperismo, químico e bioquímico que se manifestam com grande intensidade gerando solos em geral bem desenvolvidos, característicos das áreas de biostasia, cujo grau maior ou menor de desenvolvimento depende da resistência do substrato rochoso ou material de origem do solo e da eficácia de proteção da cobertura vegetal contra processos de mobilização (erosão) desses materiais. Já em regiões áridas quase desprovidas de vegetação os fatores climáticos assumem papel determinante nos processos de modelado, onde o rigor climático e a escassa cobertura vegetal favorecem a “ ação da desagregação mecânica, produtora de partículas de grande mobilidade”, característico das áreas em resistasia.

JIMÉNEZ (1993) destaca ainda que o clima, independentemente da importância e complexidade das relações entre este e o relevo, as quais são variáveis ao longo do tempo, é fator marcante na dinâmica especialmente nas diversas manifestações da erosão e, conseqüentemente, tem papel determinante na morfologia da paisagem.

Os fatores físicos clima e solos são, portanto, de grande importância ecológica, no entanto, segundo HOWARD (1991), de difícil determinação e observação. Entretanto, esses fatores sendo diretamente relacionados ao relevo e à cobertura florestal podem ser facilmente identificados em diversos tipos de imagens de sensores remotos, o que permite considerar estes últimos como os principais fatores observáveis nos ambientes florestais e na vegetação em geral, cujo estudo combinado, denominado pelo autor (op. cit.) de “*Phytogeomorphology*” (fitogeomorfologia), facilita a identificação, análise e avaliação de fenômenos de distribuição dos primeiros baseados em relações espaciais.

O reconhecimento da aplicação do sensoriamento remoto para divisão da superfície da terra em regiões naturais ou unidades hierárquicas homogêneas quanto aos aspectos fisiográficos, solos e fatores edáficos, originalmente sugerido por Bourne<sup>4</sup> in: HOWARD e MITCHELL (1980), é considerado como referencial em classificações hierárquicas da paisagem com propósito “qualitativo quase quantitativo” de classificação das unidades da terra *lato sensu*. A classificação sugerida pelos referidos autores envolve três magnitudes hierárquicas: o Sistema ou Unidade terra, a Faceta terra e a Catena terra (divisão da paisagem baseada em uma ordem genética de propriedades baseadas em distribuições espaciais, que encontra nos critérios de identificação geomorfológicos as relações espaciais entre áreas da terra), sendo:

- a) Sistema Terra ou Unidade Terra, refere-se a um padrão da paisagem relacionado a um conjunto de facetas unidas geneticamente, tendo predominantemente uma geologia uniforme e história geomorfológica similar, sendo aplicável em escalas de mapeamento relativamente pequenas (1:1.000.000 a 1: 250.000). O Sistema Simples ou Unidade Simples é descrito como um pequeno grupo de unidades topográficas intimamente relacionadas, produto de um fenômeno geomorfológico comum. No caso da combinação

---

<sup>4</sup> BOURNE, R. **Regional survey and its relation to stock taking of the agricultural and forest resources of the British Empire**. Oxford Floresty Memoir Nº. 13, Clarendon Press, 1931.

geomorfo-genética intrincada de dois ou mais sistemas simples denomina-se de Sistema Complexo ou Unidade Complexa; já no caso similar quando a origem morfo-genética de Sistemas Simples for diferenciada dessa combinação será atribuída a denominação Sistema Composto ou Unidade Composta.

- b) As Facetas da Terra, são associadas à variação da vegetação; essas unidades mapeáveis em média escala (1: 250.000 a 1:50.000) podem ser identificadas pela diferenciação de subformações vegetais dentro de uma formação vegetal. A distinção entre formas locais e facetas genéricas decorrentes de variações em um padrão morfológico, em um outro nível de generalização, permite o reconhecimento de unidades denominadas Variantes, ou seja, uma unidade intermediária entre uma faceta local e a feição reportada a uma unidade fisiográfica genérica. As formas locais e variantes, podem ser consideradas subtipos parentes de uma faceta genérica quando são partes relativamente prognosticadas de formas locais de uma unidade da terra ou sistema do qual fazem parte, i.e., se provenientes de meras diferenças na intensidade de processos genéticos ou de pequenas diferenças nos processos fisiográficos secundários. Se no entanto, forem de prognóstico incerto, e.g., “presença de áreas de vulcanismo ou depósitos exóticos esse são considerados formas locais sem parentesco com a faceta genérica e variantes da faceta”. Duas unidades menores que a faceta são reconhecidas na caracterização da mesma, as quais são largamente utilizadas em mapeamentos em escala 1:50.000 ou maiores; estas subdivisões são identificadas como: sub-faceta e elemento, onde a primeira serve para individualizar partes da faceta entre as quais há graduação das propriedades; o elemento ou unidade que é topograficamente uniforme, assim como na litologia, forma, solo e estrutura da vegetação, portanto caracterizam-se como a menor divisão possível da paisagem, ou seja, é uma unidade análoga ao *pedon* do mapeamento de solos. Os elementos em áreas planas, da mesma forma que as facetas, podem ocupar grandes extensões da superfície, desse modo podem ser registradas a grandes distâncias, como nas imagens orbitais do Landsat TM.
- c) Catena, trata-se de uma cadeia de facetas regularmente dispostas em topossequências locais e.g. a sequência constituída pelo fundo de vale, encosta interflúvio, interflúvio encosta, fundo de vale.

O estudo fitogeomorfológico possibilita correlacionar a distribuição de espécies e a morfologia do relevo com tipos de solos e conseqüentemente inferir o limite de sítios florestais

entre outros fatores ambientais, como entender a própria distribuição da vegetação e de suas relações com a estabilidade ambiental, ou seja, a “ecodinâmica”, conforme terminologia proposta por TRICART (1977).

TRICART (1977), em sua proposta de “classificação ecodinâmica dos meios ambientes,” destaca a importância da interação entre os fatores geomorfológicos, solos e clima na estabilidade ambiental atual. O autor aponta na mesma obra a ação das oscilações climáticas quaternárias nas mudanças fisionômicas da cobertura vegetal, que influenciaram os sistemas morfogenéticos, salientando o função da floresta na “fitoestabilização” dos ambientes atualmente considerados estáveis, assim como a função das áreas de longa estabilidade “geodinâmica” como condição para a “fitoestasia”, termo análogo ao “bioestasia” de ERHART (1955). Em função da intensidade dos processos atuais, o autor sugere ainda a classificação ecodinâmica dos meios ambientes no nível taxonômico mais elevado em: *meios estáveis*, *meios intergrades* e os *meios fortemente instáveis*.

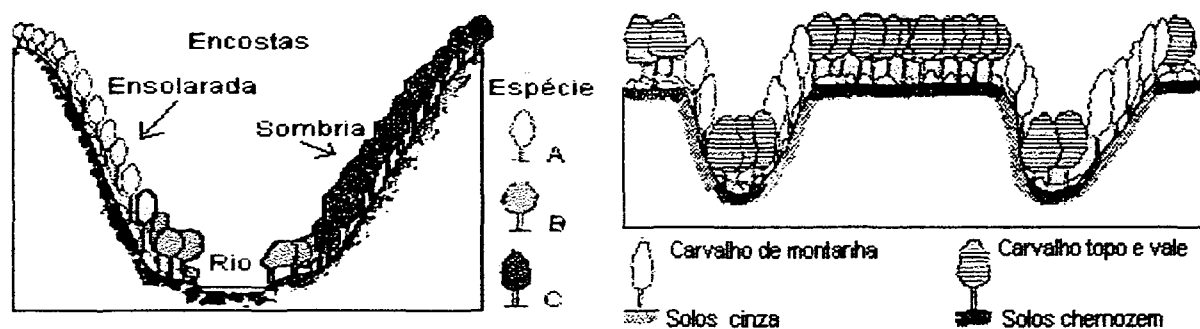
#### 2.1.1 Fatores Geomorfológicos

Segundo JIMÉNEZ (1993), em geral a vegetação contribui para o aumento da temperatura média ao nível do solo em relação à temperatura medida em estações meteorológicas, assim como influi na amplitude, velocidade e frequência das mudanças térmicas, acarretando em incremento de processos químicos em detrimento dos mecânicos na superfície à medida que ocorre o desenvolvimento da vegetação. As características da própria superfície quanto à natureza (embasamento, formação superficial ou solo), suas propriedades (cor, compacidade, conteúdo hídrico etc.) e a existência ou não de um recobrimento destes com detritos orgânicos, irão determinar o grau de influência da alteração térmica produzida pela presença da vegetação na morfogênese, uma vez que as propriedades de porosidade e a alta capacidade de retenção de água pela “capa orgânica” criam uma “camada de ar”, com efeito isolante térmico entre estes materiais e a superfície subjacente, sendo que em função desses fatores o albedo será maior ou menor.

Para LACOSTE e SALANON (1973), a influência das formas de relevo sobre os demais fatores ecológicos é determinante na distribuição das biocenoses, especialmente em função de sua ação modificadora nos solos e no clima.



Conforme REMEZOV e POGREBNYAK(1969), a influencia do relevo no clima (orientação das encostas), no solo (forma, declividade e comprimento das encostas), na hidrologia (“*runoff*”, nível do lençol freático) e no teor de umidade do solo, é determinante na distribuição das formações florestais e no seu desenvolvimento. Citam como exemplos seções transversais de vales com diferentes amplitudes (Figura 2.2), onde correlacionam-se algumas seqüências de coberturas florestais em áreas de relevo ondulado, com sua orientação e condições edáficas. Concluem os referidos autores (op. cit.) que o pleno desenvolvimento do biótopo de uma floresta, por outro lado, demanda um relativo tempo necessário à sucessão de estágios de evolução que acompanham de modo concomitante as mudanças ambientais ao longo de um período passado.



Adap. de REMEZOV; POGREBNYAK (1969).

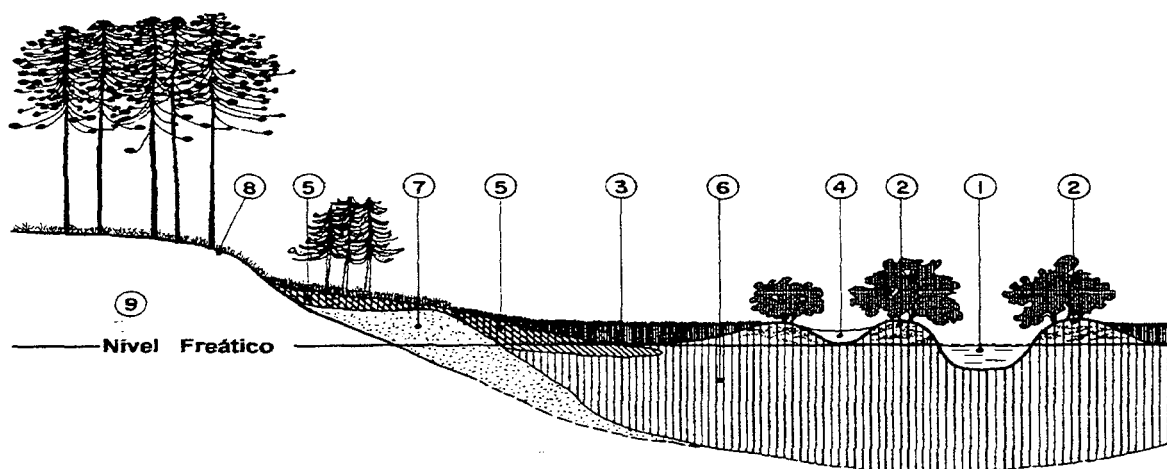
**Figura 2-2- Relações entre relevo e cobertura:**

Efeitos da orientação ou exposição do relevo na distribuição de florestas em vertentes de vales com maior e menor amplitude altimétrica.

PASSOS; COSTA (1984), por meio de análise fitogeomorfológica para inúmeras feições morfológicas registradas nas várzeas do plano aluvial do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba - PR., identificaram relações entre o tipo de cobertura vegetal e as feições mencionadas, em função da natureza dos materiais constituintes e suas características de drenagem e nível freático (Figura. 2.3), que decorrem da dinâmica fluvial e evolução das encostas, de passado geológico relativamente recente (Quaternário).

Portanto, sob o aspecto ambiental, a influência geomorfológica na mudança da qualidade físico-química ou hidrodinâmica do sítio (Figuras 2.3 e 2.4) pode ser relacionada à fisionomia e fenologia da cobertura vegetal, a variações abruptas na cobertura, ou ainda à presença de outros bioindicadores. Estes podem ou não estar associados a variações

topográficas, mas seguramente acusam diferenças de materiais produzidos nos diversos processos morfogenéticos presentes ou decorrem de características herdadas por sua ação passada, as quais podem ser mantidas, destacadas ou amenizadas pela pedogênese ao longo do tempo.



**Figura 2-3.** Perfil esquemático, de seção típica do leito maior ou excepcional até o canal principal do rio Iguaçu, nas proximidades de Curitiba.

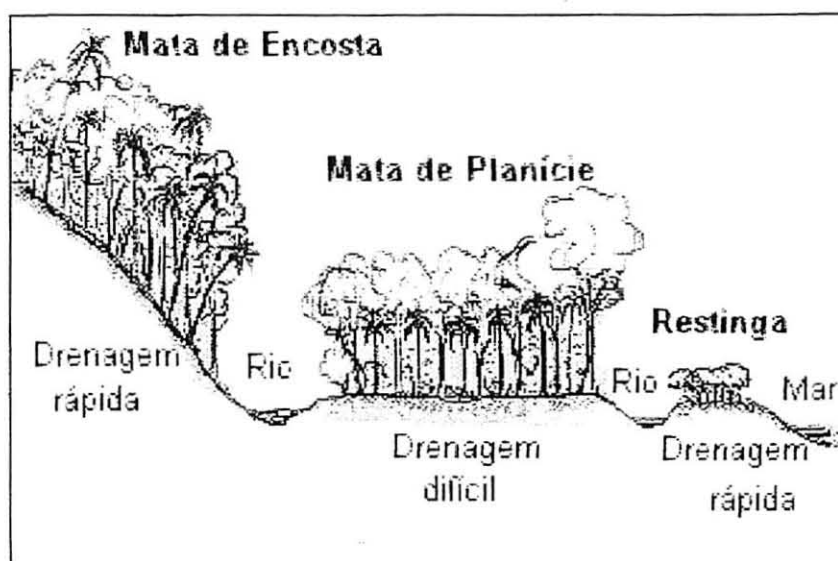
Relações com a cobertura vegetal, sendo a Mata Ciliar associada à faixa de domínio dos canais meândricos (1), meandros abandonados (4), barras e diques marginais com depósitos arenosos (2); ainda no domínio dos depósitos aluviais Holocênicos (6), sob os depósitos siltico argilosos e orgânicos (3), da planície de inundação sazonal ocorrem os Campos Edáficos, que estendem-se sobre os leques colúvio aluviais recentes (5); no segmento mais elevado sobre antigos terraços fluviais (7), leques colúvio aluviais (5), estabelecendo a transição entre a vegetação de várzea e a Mata de Araucária, a qual encontra o seu pleno desenvolvimento sobre as baixas rampas de colúvio (8), e elúvios do embasamento cristalino (9), recobertos por solos coluviais mais ou menos desenvolvidos.

Segundo BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985), a análise plena (geológica, geomorfológica e pedológica), do sítio expresso na topossequência, permite “compreender *pari pasu*, as mudanças ocorridas nos ecossistemas” destacando que tal fato é devido à possibilidade do reconhecimento de antigas superfícies, de estruturas e depósitos correlativos ou ainda paleossolos relacionados a variações das condições ambientais (oscilações paleoclimáticas), permitindo interpretar sua dinâmica espacial e temporal.

HACK, J. T.; GOODLETT, J.C, (1960); SWANSON e JAMES, (1975); STABLEIN, (1984) demonstram as conexões “Geoecológicas” florestais existentes com os processos “Geomorfodinâmicos”, especialmente, fenômenos geomorfológicos e substrato geológico em áreas montanhosas.

SWANSON e JAMES (1975), do mesmo modo, destacam a forte correlação entre instabilidade geomorfológica, topografia, geologia e tipo de cobertura vegetal, como

condicionantes de processos geomorfológicos conhecidos como movimentos de massa e suas significativas relações com o desenvolvimento e a produção florestal em áreas montanhosas.



Adap. BIGARELLA (1978) com base em dados de VELOSO; KLEIN (1961).

**Figura 2-4. Exemplo da relação hidrodinâmica de seção típica da vegetação no município de Guaratuba-Pr.:**

Observa-se que nas encostas onde a drenagem é favorecida pelo gradiente topográfico a Floresta Ombrófila Densa atinge o seu máximo desenvolvimento e é diferenciada como pelo aspecto topográfico como Floresta Ombrófila Densa, do mesmo modo em áreas de drenagem difícil face a características fisiográficas essa passa a ser diferenciada pela ocorrência de espécies seletivas e é denominada A Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ou Aluvial

Os estudos de HACK; GOODLETT (1960), destacam a importância de processos geomórficos nas relações fitogeomorfológicas na distribuição da vegetação da Região Central Montanhosa Apalachiana nos Estados Unidos, afirmando: *"The vegetation of the Little River area shows an extraordinarily regular distribution of forest types that is related to the similarly regular landforms. The elegance of the adjustment of vegetation, landforms and soil is a function of the geomorphic process that maintain the graded slopes."*<sup>5</sup> Segundo os autores (op. cit.), a distribuição e composição da vegetação refletem as diferenças locais dos processos e do ambiente, nas vertentes (encostas), e as consideram como parte de um sistema aberto (montanhas) e em contínuo ajustamento, fato que mantém tal sistema em constante evolução ao longo do tempo geológico.

<sup>5</sup> "A vegetação do Rio Pequeno apresenta uma extraordinária homogeneidade de distribuição dos tipos florestais os quais se relacionam às formas de relevo igualmente homogêneas. A harmonia do ajustamento da vegetação, formas de relevo e solos, é uma função dos processos geomórficos que mantém as feições das vertentes."

PICKUP; CHEWINGS (1996) demonstram a relações entre as condições da hidrologia superficial e processos erosivos com os índices cobertura vegetal e topográficos, os quais ocorrem combinados ou de forma individualizada como no modelo topográfico - vegetacional. Em face da elevada correlação encontrada, indicam que tais modelos podem ser utilizados com sucesso, para compreensão da distribuição espacial de processos erosionais e deposicionais ou da dinâmica hidrológica, sendo, portanto, indicadores de redistribuição da umidade e perda de solos ou de sua acumulação na paisagem.

O uso de sistema de classificação genérico da paisagem em unidades para gerenciamento ou determinação de áreas florestadas ou não, para uso não comercial (unidades de conservação ou preservação), baseado em fatores fisiográficos e nos tipos dominantes de cobertura vegetal, mesmo em áreas com notável alteração pelo uso, pode ser bastante útil, como demonstram GOOD; WALLACE e WILLIAMS(1993) em estudo efetuado na Escócia.

Portanto, os principais componentes geomorfológicos, material de origem ou “parental”, a morfologia do terreno e os processos que resultam da interação destes componentes com o clima, solos e organismos vivos, determinam o grau de influência e a importância geoecológica dos fenômenos geodinâmicos da evolução da morfologia do relevo, na formação dos solos e conseqüentemente na distribuição da cobertura vegetal e sua evolução. São também fatores que facilitam por meio de sua análise a compreensão da atual distribuição florestal, assim como a do passado, e auxiliam na delimitação dos diferentes ambientes que compõem a paisagem.

Essa paisagem em sua totalidade na concepção geográfica atual, é definida como resultante da interação de elementos físicos, biológicos e mais recentemente os antrópicos, cujo produto apresenta características particulares, em constante evolução. espaço-temporal. A organização espacial de seus elementos e de suas unidades integradas, na classificação taxonômica, tem utilizado a compartimentação geomorfológica como um dos principais critérios de mapeamento, em trabalhos como: TRICART, (1977) ; AB’SABER, (1970); SOTCHAVA (1972,1978) e BERTRAND (1972).

Com base nos princípios de análise e compartimentação consagrados entre geógrafos físicos, no Brasil pode ser destacada a proposta de classificação da paisagem de AB’SABER (1970,1977). Ele divide o território brasileiro em grandes domínios “morfoclimáticos”, sistema de classificação em que são enfatizadas as relações entre morfologia, solos, clima e cobertura

vegetal. Diferentes paisagens sintetizadas nos mosaicos dos grandes domínios morfoclimáticos e suas “variantes endógenas”, segundo Ab’Saber (op.cit.), somente poderão ser melhor compreendidas com aprofundamento de estudos fisiográficos e biogeográficos integrados.

Métodos de análise cartográfica integrada (geologia, geomorfologia, clima, solos e vegetação) de aplicação do reconhecimento geoambiental da topossequência, na compartimentação da paisagem em diferentes ambientes de interflúvios ou topos, encostas ou vertentes e fundos de vales ou planícies, são apresentados por BIGARELLA et al.(1979), BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985), como soluções de levantamentos de recursos naturais e compartimentação da paisagem voltados ao planejamento.

Como modelo de classificação integrada e hierarquizada da paisagem, HOWARD (1991); HOWARD e MITCHELL (1980) propõem a classificação fitogeomorfológica a partir dos macro-compartimentos em mapeamentos de grandes zonas em escalas de primeira ordem ou seja, entre 1:5.000.000 e 1:15.000.000, onde se identificam na divisão da Terra as variações macro-climáticas, a partir das quais são delimitadas as unidades de segunda ordem, as províncias em escalas mais ou menos entre 1:1.000.000 e 1:5.000.000. Nos levantamentos nas escalas entre 1:200.000 e 1:3.000.000 com o uso de imagens Landsat, podem ser identificadas as subprovíncias da terra, compreendendo grupos de sistema da terra (conjunto de unidades da terra). Estes grupos são individualizados com relativa facilidade em face da estreita relação da fisiografia e os limites das formações vegetais ou agrupamentos de subformações. Quanto a subdivisão regional da paisagem em escalas maiores, são delimitadas as unidades “*land units*”, para estudos florestais, com base em critérios de hierarquização, em que a análise fitogeomorfológica é utilizada na classificação das unidades da terra: “*land system, land catena, land facet e land element*”. Nessas subdivisões os critérios partem da análise da morfologia da superfície e vão aumentando a importância da estrutura vegetal para as unidades menores, i.e., a vegetação tem maior peso na delimitação das duas últimas unidades menores, respectivamente, sistemas e catenas, e faceta e elemento.

Em comparação com o sistema de classificação de solos adotado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América, HOWARD e MITCHELL (1980) sugerem as seguintes equivalências com o Sistema de Classificação Fitogeomorfológico:

- 1- Ordem de solos..... ➔ Zona da terra
- 2- Subordem de solos..... ➔ Divisão da terra

- 3- Grupos principais de solos.....→ Províncias da terra
- 4- Subgrupos e Famílias de solos.....→ Sistemas terra
- 5- Associação de solos.....→ Catena
- 6- Série de solos (geralmente 2 ou 3 séries).....→ Facetas
- 7- Tipo de solo.....→ Subfaceta
- 8- Pedon.....→ Elemento<sup>6</sup>

Os referidos modelos de classificação do relevo reforçam a tese ora proposta de que a distribuição das áreas florestadas podem ser melhor compreendidas, mediante a individualização e o mapeamento de unidades geomorfológicas, tais como as superfícies de erosão e /ou sedimentação correlativas a períodos de alternância climática (pedimentos e pediplanos) que apresentam significativa relação com a distribuição de solos. Ainda que consideradas as diferenças entre o tempo geológico e o de evolução dos biótopos e as respectivas biocenoses.

#### 2.1.2 Evidências de Variações Climáticas no Quaternário e suas Implicações no Revestimento Florístico Regional e Local.

MAACK (1948) figura como um dos primeiros autores a estudar as variações climáticas e suas implicações no revestimento florístico no Paraná, ao mencionar que os campos no Paraná (Campos cerrados de Sengés, Campo do Mourão etc.) constituem relíquias de um clima passado mais seco, sendo que as florestas, com espécies próprias de clima mais úmido, progressivamente conquistaram terreno dos mesmos, estando os primeiros atualmente restritos às áreas de solos com menor fertilidade.

BIGARELLA (1963) estudou as implicações das flutuações climáticas no revestimento florístico no Planalto de Curitiba, com base em informações geomorfológicas e dados de datação de fragmento de madeira subfossilizado (aproximadamente 2.400 anos), coletado próximo ao limite de depósito correlativo da última fase seca (quando as florestas foram drasticamente reduzidas) e a sequência sedimentar mais recente depositado em condições

---

<sup>6</sup> Subunidade que embora apresente maior extensão espacial é conceitualmente análoga ao pedon, HOWARD e MITCHELL (1980).

climáticas similares às atuais, período referido como sendo o da última fase expansiva das florestas, o qual foi desencadeado, conforme a referida datação, ou seja, há 2.400 anos.

Com base na análise da morfologia regional do Brasil Meridional, BIGARELLA (1963) identifica na paisagem superfícies geomórficas, “níveis bem marcados e escalonados na paisagem”, relacionados a eventos de aridez mais prolongadas de aplainamento intensivo em forma de pediplanos, localmente relacionados a deposições correlativas como: as formações Guabirotuba (Plio-pleistocênica) e Alexandra, quando as florestas deixaram de existir em fase desértica no clímax da pedimentação, pois segundo o autor não há registro do revestimento florístico nos referidos depósitos.

Estudando sedimentos detríticos continentais elaborados nas épocas de pedimentação e suas relações com nível marinho, BIGARELLA e AB’SABER, (1963) ; ANDRADE, BIGARELLA , e LINS, (1963) confirmam que as épocas correspondentes às glaciações pleistocênicas foram semi-áridas no Brasil e Uruguai. Nessas épocas, as regiões afastadas das áreas de acumulação de gelo eram, além de mais frias, também de clima mais rigorosamente semi-árido. Os interglaciais, por seu turno, eram mais quentes e úmidos.

Nos interglaciais as áreas semi-áridas e desérticas reduziam-se a áreas espacialmente ilhadas em locais onde, mesmo em períodos úmidos, permaneciam condições climáticas rigorosas (áridas). Nas épocas glaciais os núcleos de semi-aridez ou aridez tinham notável expansão, transformando em desertos consideráveis regiões geográficas, ocupadas por florestas nos interglaciais. BIGARELLA (1964).

Ainda segundo BIGARELLA (1964), as camadas sedimentares em vários locais no Sul do Brasil documentam mudanças cíclicas e profundas durante o Quaternário. Com base no estudo desses depósitos e nos aspectos florísticos regionais descritos por KLEIN e HATSCHBACH (1962), Bigarella op. cit., sugere modificações climáticas em ciclos curtos relativamente recentes, registrados em paleopavimentos detríticos BIGARELLA (1963). Fases em que condições paleoclimáticas variáveis, vigentes ao longo do Quaternário, foram responsáveis por respectivos avanços e recuos das florestas de acordo com a vigência de fases pluviais ou semi-áridas.

Conforme BIGARELLA (1964), a situação florestal atual deve sua expansão e seu desenvolvimento subsequente à última fase seca que precedeu a formação das várzeas atuais. Eram, portanto, essas variações cíclicas menores responsáveis por mudanças no revestimento

florístico resultando em expansões e retrações das florestas a partir dos núcleos de refúgio. Embora, aparentemente, as condições das fases secas não fossem de rigor extremo, como das épocas de semi-aridez dos períodos de pedimentação, elas eram, contudo, suficientes para a expansão das áreas de campo ou as ilhas de cerrado por sobre áreas normalmente ocupadas pelas florestas nas fases úmidas. Ocorreu, portanto, um movimento pulsativo cíclico de expansão e retração das florestas, como pode ser atestado por evidências geológicas anteriormente citadas.

Para TRICART (1977), “na maioria das regiões as oscilações climáticas foram suficientes para produzir modificações fisionômicas da cobertura vegetal, que influenciaram, a seu turno, os sistemas morfogenéticos conforme atestam as formações superficiais e sucessões, muito difundidas nos terraços climáticos. Nesse tipo de meio as condições ecológicas atuais reinam a partir do último período frio, aproximadamente do início do Holoceno, grosseiramente há uns 10.000 anos”.

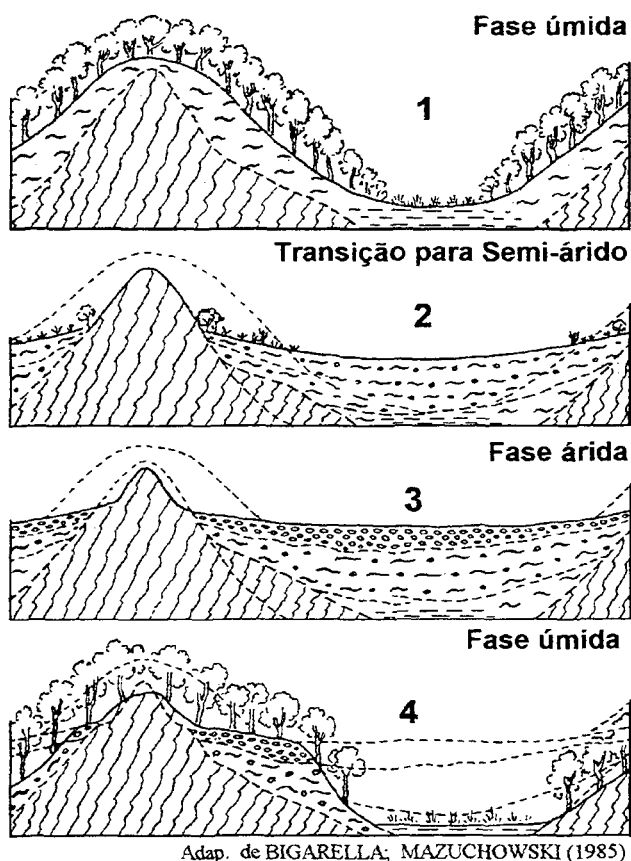
As sucessões paleoclimáticas e suas ações na cobertura vegetal e conseqüências na modelagem da paisagem brasileira (Figura. 2.5) são demonstradas claramente em estudos geomorfológicos realizados no Brasil por BIGARELLA, (1961).BIGARELLA; AB’SABER, (1964), ANDRADE , BIGARELLA e LINS (1963), BIGARELLA, (1964), BIGARELLA, ANDRADE e RIEHS(1975), entre outros.

Podem ser citados ainda outros estudos que abordam as relações entre tipo de cobertura vegetal e dinâmica geomorfológica de autores como: BIGARELLA, (1964); DOUGLAS, (1967); SEMMEL e RHODERBURG, (1979); REMEZOV e POGREBNYAK,(1969); TRICART, (1977); PLOEY e CRUZ, (1979); DUNNE, (1979); BROWN, Jr. e AB’SABER, (1979); RHODERBURG, (1983); PICKUP e CHEWINGS (1996), dentre outros.

Para BIGARELLA; ANDRADE-LIMA; RIEHS (1975), existem fortes indícios de que “a destruição da vegetação vem acompanhada de taxa elevada de erosão seguida da degradação ambiental ... cessadas as condições adversas, o ambiente recupera, no tempo e no espaço, suas condições anteriores com desenvolvimento acentuado da pedogênese extensiva.” Com base em estudos de MAACK (1947 e 1948); AUER (1960); FAIRBRIDGE (1961 e 1962); os autores: KLEIN (1962<sub>a</sub>/1962<sub>b</sub>), BIGARELLA e AB’SABER (1964); ANDRADE, BIGARELLA e LINS (1963); BIGARELLA, J.J. (1963 e 1964), destacam que em face das



incontestáveis evidências das oscilações climáticas ocorridas nos períodos de glaciação e interglaciação, na vigência do último ainda ocorreram épocas de maior ou menor umidade fases em que, respectivamente, sucederam-se períodos de retração e expansão das florestas “a partir de núcleos de refúgio”, o mesmo sucedia-se com campos e cerrados, os quais se expandiam em áreas florestadas nas épocas de semi-aridez.



**Figura 2-5: Seqüência esquemática das mudanças produzidas na fitogeomorfologia durante alternâncias climáticas.**

Segundo RIZZINI (1979) os grandes deslocamentos no curso evolutivo tanto dos vegetais quanto animais, acompanharam modificações geoclimáticas (fisiográficas e paleoclimáticas), acusadas no atual panorama da natureza particularmente pelas disjunções e a ocorrência de espécies afins em áreas distintas.

Em reconstituição cartográfica da distribuição paleoecológica dos refúgios florestais na região neotropical (Figura 2.1, na página 12), BROWN e AB'SABER (1979) identificam as prováveis áreas de ocorrência de refúgios florestais existentes no período glacial mais recente *Würm* (*Wisconsin*), período paleoclimático em que o continente sul-americano esteve sob condições mais frias e secas, quando o continente já apresentava configurações bastante

similares às atuais, exceto pelo rebaixamento do nível do oceano, o qual se apresentava aproximadamente 90 metros abaixo do nível atual. Nesse período, a cobertura florestal tropical estaria restrita a refúgios (localmente a Serra do Mar) e a Araucária associada a uma cobertura muito aberta de estepes (cujos remanescentes ainda podem ser identificados em áreas com condições edáficas favoráveis nas proximidades de Curitiba); tal vegetação era muito diversa do atual Domínio da Floresta Ombrófila Mista, assim como grande parte da porção oriental e planície litorânea era tomada por Caatinga e cobertura semi-árida com cactos, portanto desprovidas da Floresta Ombrófila Densa.

Para RIZZINI (1979), a origem de algumas espécies da flora angiospérmica que compõem a biota brasileira atual, pode remontar do período Jurássico, fase em que as condições temperado-quente ou tropical favoreceram o desenvolvimento de muitos gêneros atuais, já que no Cretáceo, a mais 100 milhões de anos, há registro de numerosos grupos atuais, desde então mantidos inalterados.

A participação de processos da própria constituição da topografia e do clima na evolução da vegetação e a conseqüente distribuição da flora e fauna a partir das condições climáticas no Cretáceo-Eoceno com alternância de fases hipotérmicas e xerotérmicas, ou respectivamente pluviais (temperaturas mais baixas e clima úmido) e displuviais (temperaturas elevadas e clima seco) processos esses reconhecidos e relacionados às glaciações por geólogos e geomorfólogos, podem melhor explicar a atual distribuição da vegetação, conforme informações obtidas a respeito da última glaciação Würm iniciada a há 70 mil anos, e finalizada a aproximadamente 17 mil anos, produzindo movimentos da vegetação que podem explicar a atual distribuição e origem fitogeográfica da atual cobertura vegetal brasileira. Pode ser sintetizada em duas fases bem diferenciadas por condições geoambientais a “Fase de formação generalizada”, ou **fase das formações primitivas**, e a “fase de ampla diferenciação ou diversificação”, **fase de diversificação**. (RIZZINI, 1979).

#### **Fase das Formações Primitivas :**

Ao analisar a preferência que a floresta altimontana e montana, no seu melhor desenvolvimento, tem a um clima temperado-subtropical, e que juntamente com os campos limpos e altimontanos e suas várias características “organográfico-ecológicas” conduzem à interpretação de que estas biocenoses constituem o tipo mais primitivo na vegetação brasileira.

O caráter fitoclimático “microtermófilo” dessas formações vegetais é evidenciado, graças às semelhanças da vegetação do Cabo (na África) e com a formação campestre central e das Florestas montana e temperada africanas, a Floresta pluvial montana brasileira, a qual, observa o autor, mantém o seu antigo caráter de “formação generalizada” sem especialização ou adaptações particulares. (RIZZINI, 1979).

Considerando a uniformidade e a constância das condições climáticas cretáceo-eocênicas (frescas e úmidas) e o isolamento muito prolongado do continente sul-americano, RIZZINI (1979) supõe duas formações iniciais na vegetação do Brasil, uma floresta pluvial e uma vegetação de campo, herbácea sobretudo ou sublenhosa, distribuídas de acordo com as condições edáficas. São localizadas nas partes baixas e profundas as florestas e os campos onde o solo fosse raso e em partes elevadas como montanhas cristalinas e cristas quartzíticas.

Essas formações primitivas teriam deslocado as precedentes ao longo do período Cretáceo. Indícios da preservação ao longo do tempo geológico dessas formações relictuais foram sugeridas por MAACK (1948), ao descrever os campos de altitude no Paraná, e evidenciados por frutos fósseis do Paleoceno (aprox. 60 milhões de anos) encontrados por Beurlen e Sommer em 1954 in RIZZINI (1979). Parecem pertencer à espécie *Celtis brasiliensis* comum na floresta atlântica, e exibe frutos idênticos aos achados. Os últimos autores sugerem ainda “um clima semelhante ao de hoje na região” (São José do Itaboraí - RJ.), dados de Rizzini (op.cit.) que confirmam as explanações anteriores à respeito do clima do Terciário e fornecem uma idéia da constância das condições ecológicas na Serra do Mar e região, fator desfavorável à diversificação biológica.

As condições favoráveis de “preservação do caráter de generalidade da floresta atlântica e não do campo limpo, prende-se a imutabilidade de seu habitat ... indicando menor diferenciação florística”, sendo que no planalto central em que o seu avanço foi bem mais recente, essa apresenta significativas diferenças entre as matas derivadas como as matas secas semidecíduas, de acordo com RIZZINI (1979).

#### **Fase de diversificação:**

No Terciário Superior, conforme RIZZINI(1979), mais precisamente no Mioceno, período de atividade orogênica, as faixas climáticas eram bem diferenciadas. O Mioceno e Plioceno caracterizaram-se por menor precipitação concentrada numa parte do ano, além de

maior amplitude térmica; devendo mesmo no Eoceno superior ter sido iniciada a dessecação climática em algumas regiões, a qual foi marcada no Oligoceno. Na zona tropical durante o Mioceno definiu-se um período com estação seca, bem determinada.

Tais fatores (orogênese e/ou diferenciação climática), segundo RIZZINI (1979), submeteram a vegetação a ampla diversificação macro e micro-climática, desencadeando um ciclo de diferenciação, em contraste com a fase de generalização da período Cretáceo-Eoceno anterior. A vegetação mesófila e a malacófila foram forçadas ao xeromorfismo e xerofitismo respectivamente, conforme a disponibilidade de água, fase em que se constituíram os campos limpos e se desencadearam lentamente os processos de constituição da floresta atlântica.

A influência de flutuações climáticas recentes na distribuição da vegetação é mencionada nos estudos de KLEIN (1962<sub>a</sub>, 1962<sub>b</sub> e 1984). O autor cita o atual desequilíbrio dinâmico entre as florestas de Araucaria e as florestas pluviais, registrando uma provável mudança climática e decorrentes adaptações edáficas, ainda em adaptação onde em face da umidificação do clima atual observa-se uma substituição da floresta de Araucaria pela Pluvial Tropical ou ainda o isolamento ou refúgio de formações como cerrado e campos nos domínios florestais.

Nesse sentido, BIGARELLA e MAZUCHOWSKY (1985) apontam como evidência a “agressividade atual de algumas espécies arbóreas, principalmente espécies heliófilas e pioneiras da Floresta Estacional das bacias Paraná - Uruguai”, identificando algumas espécies que avançam sobre a floresta Ombrófila Mista ( floresta com o pinheiro “*Araucaria*”); destacam ainda que: “o comportamento das mesmas deduz-se que recentemente houve uma mudança do semi-árido para um clima úmido e até superúmido em algumas regiões fitoecológicas”. Os mesmos autores (op. cit.) mencionam a vigência de pelo menos três (3) flutuações climáticas, as quais “tiveram profundas implicações na composição e dinamismo da vegetação do sul do Brasil; afirmam, ainda, que a fase climática atual favorece a expansão da Floresta Ombrófila Densa da costa atlântica, a qual, presumem, deveria estar em franca expansão sobretudo em direção Sul, adentrando a bacia do Jacuí e escudo Riograndense, no Estado do Rio Grande do Sul, o que vem sendo impedido pelo desmatamento indiscriminado imposto na ocupação da região. Concluem os mesmos autores que a Floresta Ombrófila Mista é a mais antiga, sucedendo-lhe as florestas Estacional e finalmente a Floresta Ombrófila Densa. Sendo indicados testemunhos relictuais do período mais remoto, do passado geológico

recente, formações vegetais presentes na Ilha de Santa Catarina e Alto Vale do Itajaí apontando com faixas desta fase de expansão os vales dos rios Iguaçu, Timbó e Itajaí do Oeste.

## 2.2 EVOLUÇÃO DO RELEVO

A formação e evolução do relevo têm sido tentativamente explicadas na última metade do século, por inúmeros geomorfólogos que, a partir de trabalhos dedutivos, têm apresentado esquemas ou modelos explicativos deste fenômeno. Dentre os estudos dos principais autores que mais se destacaram em face das proposições pioneiras, são relativamente conhecidos os modelos explicativos da evolução do relevo de DAVIS (1930-1932), PENCK (1953) e KING (1953-1956).

Dentre os trabalhos pioneiros, bastante difundidos na literatura geomorfológica, destaca-se o esquema evolutivo proposto por DAVIS (1930-1932), o qual demonstra que a ação da gravidade, combinada à capacidade de transporte dos rios, é o principal fator modelador do relevo, e atribui aos movimentos crustais a ativação dos processos erosivos.

No modelo davisiano, DAVIS (1899) e DAVIS (1930), no “ciclo geográfico ideal” de desenvolvimento do relevo supostamente em clima úmido, o manto de intemperismo migraria pela ação da gravidade encosta abaixo, sendo em seguida removido rapidamente ou lentamente, pelos rios em face da sucessão de estágios entre momentos, em que a competência de transporte dos cursos fluviais excede a carga recebida (estágio de juventude) até o momento em que o volume mobilizado gravitacionalmente torna-se superior à capacidade de transporte fluvial (estágio de senilidade); neste estágio, com a evolução do ciclo úmido, os rios passariam a meandrar sobre uma superfície quase plana, ou seja, o **peneplano**.

Segundo DAVIS (1930), no processo erosivo recuo das vertentes suceder-se-ia a diminuição de seu gradiente e, independente de sua morfologia original, desenvolveria um perfil côncavo-convexo do topo onde haveria espessamento do manto para a base. Na diferenciação de ambientes úmidos e áridos, a distinção dar-se-ia pela preservação do gradiente original no desenvolvimento do último.

Em seu modelo dedutivo teórico, PENCK (1953) chama a atenção para o fato de que a evolução das vertentes deve ser reportada à interação do levantamento crustal e denudação, os quais apresentam um processo de ação diferencial, em face da velocidade de atuação destes

fatores. Com base na diferenciação da ação dos referidos fatores, o autor relaciona perfis de vertentes característicos, sendo: **convexos** quando a denudação é mais lenta que o levantamento, **retilíneos** quando há estabilidade entre os fatores e **côncavos** onde a denudação é mais ativa que o levantamento.

Já, um modelo teórico mais complexo de interpretação de evolução da paisagem quanto à associação de formas é proposto por KING (1953-1956), o qual considera que as condicionantes físicas que operam no modelado das encostas são as mesmas sob qualquer condição climática.

Segundo KING (1953-1956), as diferenças locais no modelado devem ser atribuídas à ação desproporcional de um ou alguns agentes físicos e/ou a diferenças litológicas.

KING (1957) definiu em seu modelo quatro elementos básicos componentes da vertente ideal. Estes componentes são do topo para o talvegue, respectivamente: seção convexa, seção retilínea (*free face*) no setor côncavo a seção detrítica e finalmente um pedimento.

Os trabalhos pioneiros desses três autores, têm servido como referencial e tem provocado constante discussão, contribuindo com novas interpretações e na elaboração de novos modelos, dos quais se destacam os trabalhos de geomorfólogos como: BAULLING, 1940 ; HACH e GOODLETT, 1960; DERRUAU, 1962; DALRYMPLE et. al. 1968; YOUNG, 1972; DERBYSHIRE, 1976; dentre outros desses no Brasil citam-se os estudos de BIGARELLA MOUSINHO e SILVA, (1965) e CHRISTOFOLETTI, 1980.

Dentre as diferentes opções apresentadas pela literatura para interpretação da paisagem local e regional, dentre inúmeras referências, destaca-se a proposição de BIGARELLA et al.(1965), a qual sugere que o modelado atual dos interflúvios, encostas e fundo de vales, é produto de reafeiçoamento de superfícies da paisagem desenvolvida em ambientes do passado geológico. Nestas superfícies, segundo BIGARELLA e MOUSINHO (1965), os principais agentes modeladores, erosão e sedimentação, tiveram grande variação hidrológica, em decorrência da ação da “tectônica”, em especial a “climática”, operando de maneira distinta nas sucessivas fases de transição, entre as diferentes condições ambientais (Figura. 2.5).

A origem e evolução da paisagem, estão relacionadas a uma gênese complexa policíclica, conforme estudos desenvolvidos por BIGARELLA et al. (1965); BIGARELLA e AB' SABER, (1964) BIGARELLA e BECKER (1975), entre outros. As vertentes da

paisagem atual e seus depósitos são muitas vezes remanescentes de paleobacias, ou de sistemas hidrográficos que se instalaram em períodos de condições climáticas mais severas, do tipo semi-árido (BIGARELLA e SALAMUNI 1965), quando ocorreram períodos prolongados de estiagem e generalizada degradação lateral, intercalados por chuvas concentradas, que antecederam pela vigência de clima úmido responsável pela produção de grande quantidade de material rochoso decomposto, em volume suficiente para entulhar vales e provocar capturas e mudanças climáticas, o que propiciou um nivelamento de terreno, “pedimentação” (BIGARELLA et al., 1965).

O aprofundamento do vale a curto prazo nessas condições pode ser inerente à atuação dinâmica dos processos de degradação linear. “Tais fases de embutimento de curta duração dentro de segmentos gradacionais e/ou agradacionais de longa duração, podem ser indicadas por diastemas no registro geológico” (BIGARELLA e BECKER, 1975). Neste caso não são considerados inconformidades erosionais, portanto, não devem ser comparáveis com a erosão produzida por um longo episódio de aprofundamento de canais (BIGARELLA et al. 1965 e BIGARELLA e BECKER, 1975).

BIGARELLA (1963-1964), por meio de levantamentos de campo, análises laboratoriais e uso de métodos e técnicas geomorfológicos de correlação, conclui: “o quadro geral dos conhecimentos sobre o quaternário nos revela uma acentuada instabilidade climática, de caráter cíclico, abrangendo fases de clima glacial até fases de clima quente. Dentro de grandes ciclos climáticos têm lugar ciclos menores e variados, conferindo a climatologia do quaternário um caráter oscilatório... de uma época geológica climaticamente excepcional quando comparada com outros períodos da história da Terra”.

Conforme informações de BIGARELLA e AB’SABER (1963) e ANDRADE, BIGARELLA e LINS (1963), tais processos desenvolveram-se no Brasil e Uruguai durante as glaciações pleistocênicas, fases em que além do aumento da umidade as temperaturas médias caíram algo em torno de 2°C abaixo da média térmica atual e o nível marinho ficou em torno de 2 a 3 m abaixo do nível médio do mar atual, na última fase semi-árida, quando as condições registradas no planalto provavelmente deveriam acontecer na orla litorânea.

Os processos de degradação lateral devem ter ocorrido de maneira cíclica durante o Cenozóico em todos os continentes. A eles são relacionados períodos de alta energia no

desenvolvimento da paisagem. A forma geométrica dos pedimentos rochosos e a estrutura dos pedimentos detríticos também sugerem alto influxo de energia (BIGARELLA et al., 1965).

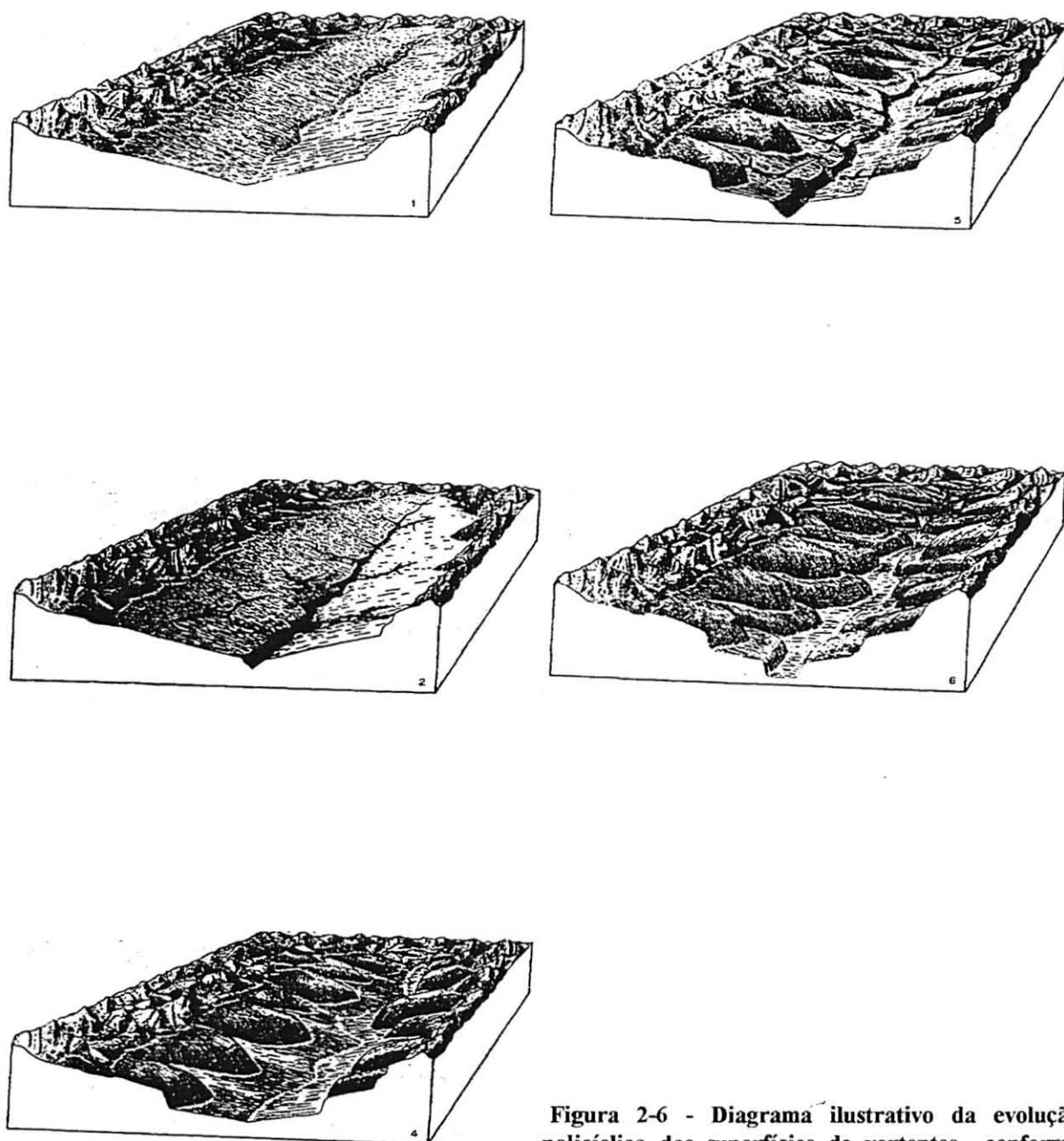
Segundo LANGBEIN e SCHUMM (1958), sob condições climáticas áridas, a energia erosional não é suficientemente competente para promover o nivelamento efetivo do terreno (reco das vertentes ou erosão lateral). Sob condições de climas úmidos e cobertura florestal protetora, a ação dos processos erosivos também é bastante reduzida. Em ambos os casos, o fornecimento de sedimentos é baixo.

Conforme BIGARELLA e BECKER (1975), as épocas glaciais do Quaternário foram possivelmente caracterizadas por processos erosivos de alta energia, com acentuada degradação lateral da paisagem. Durante as épocas interglaciais, entretanto prevaleceram condições de baixa energia sobre grandes extensões dos continentes. Tais padrões, ressaltam os autores, podem ter exceções regionais, uma vez que as condições dinâmicas responsáveis tanto pela morfogênese de alta como de baixa energia, são localmente influenciadas por uma sequência de variáveis. A sua interação pode ser visualizada pelas formas do terreno, especialmente no modelado das vertentes (figura 2.5 e 2.6).

As grandes mudanças climáticas, que afetaram extensas áreas da superfície da Terra, tiveram um caráter cíclico desencadeado por processos de natureza climática global (glaciações), e ainda que não existam informações suficientes, para a generalização do fenômeno à escala mundial, “a hipótese é muito atrativa para explicação das evidências de ocorrência geográfica ampla, indicadoras da alternância de episódios relacionados aos climas úmido e semi-árido, in sensu lato”. BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985) consideram que no período de máximo rigor do semi-árido os processos morfogenéticos elaboraram os pediplanos ou aplainamento de extensão regional, representado pelos níveis Pd<sub>3</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>1</sub>, os quais apresentam-se como superfícies de cimeira e interplanálticas.

Para BIGARELLA e MAZUCHOWSKI (1985), a presença de pedimentos e seus depósitos correlativos (em grande parte já dissecados), as rampas de colúvio e leques colúvio-aluviais, os depósitos de vertentes, os anfiteatros rasos (*dales*), as veredas, as áreas de dissecação média e fina e as áreas de acumulação colúvio-aluvionares, assim como os terraços, entre outras formas do relevo modelados durante o Quaternário, foram elaborados por processos relacionados a condições hidrológicas e hidrodinâmicas diversas das atuais.





**Figura 2-6 - Diagrama ilustrativo da evolução policíclica das superfícies de vertentes conforme ciclo de erosão onde:**

1- Aplainamento intermontano reafeiçoado mediante ligeiro rebaixamento após processo de pediplanização, em consequência de curtas flutuações para o clima úmido. 2- Dissecção generalizada do aplainamento em consequência de vigência de clima úmido. 3- Formação de superfície pedimentar mediante a atuação de novo período semi-árido. 4- Com a ocorrência de novo período úmido processa-se nova dissecção generalizada da topografia. 5- Alargamento e entulhamento dos vales durante período úmido relacionado particularmente a curtas oscilações para o SECO. (adaptado de modelo idealizado por BIGARELLA; MOUSINHO e SILVA, 1965).

Fazendo observações a respeito de glaciações pleistocênicas, BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, (1965) e BIGARELLA, ANDRADE-LIMA e RIEHS (1975) esclarecem que os processos de degradação lateral do terreno (aplainamento) foram importantes, tanto nas regiões periglaciais como naquelas situadas em baixas latitudes, onde, sob condições de semi-aridez severa, houve em amplas áreas geográficas o desenvolvimento, aparentemente simultâneo e generalizado, de superfícies aplainadas, acompanhadas ou não de seus depósitos correlativos.

Os pedimentos e as rampas topográficas atualmente em formação têm sido descritos na literatura internacional sob as mais diversas condições geológicas, de relevo e de clima. No entanto, na maioria dos casos a formação do pedimento é relacionada às condições do passado, quando a natureza e intensidade dos processos subaéreos promoveram a degradação lateral da paisagem. (PASSOS e BIGARELLA, 1998).

PASSOS e BIGARELLA (1998) consideram que a degradação lateral consiste numa série de mecanismos físicos e químicos que proporcionam condições favoráveis para o desenvolvimento de superfícies de erosão planas e suavemente inclinadas. Os processos de degradação lateral parecem ter ocorrido de maneira cíclica durante o Cenozóico em todos os continentes, e sintetizam que:

- ◊ Essas condições ocorreram em diferentes tipos de ambientes, caracterizados por distintos substratos geológicos, relevo, clima e cobertura vegetal. Parecem estar associados a épocas de alta energia no desenvolvimento da paisagem. A forma geométrica do pedimento rochoso e a estrutura do pedimento detrítico sugerem um alto influxo de energia. Os fluxos lineares, por outro lado, relacionam-se aos regimes de baixa energia conduzindo a dissecação vertical do terreno.
- ◊ Ambientes de alta energia parecem ter sido sincrônicos em grande parte da Terra durante o Cenozóico. Na maioria das regiões áridas e semi-áridas, bem como na maioria das regiões temperadas e tropicais (com floresta pluvial ou savana), os pedimentos representam formas relictas de condições hidrodinâmicas pretéritas. Tanto nas regiões áridas como nas úmidas as condições ambientais aproximam-se daquelas de baixa energia no que concerne a evolução das vertentes. Essas condições teriam caracterizado os processos morfogenéticos das épocas interglaciais.
- ◊ Sob condições climáticas áridas a energia erosional não é suficiente para promover o nivelamento efetivo do terreno (recuo das vertentes e erosão laminar). Da mesma maneira, sob condições de climas úmidos e cobertura florestal protetora, a ação dos processos erosivos também é bastante reduzida. Em ambos os casos o fornecimento de sedimentos é baixo ( LANGBEIN e SCHUMM 1958; SCHUMM, 1965). Contudo, deve ser considerado que as condições climáticas do passado poderiam promover a convergência de processos em direção a degradação lateral durante as épocas glaciais do Quaternário.
- ◊ Assim, tanto para as regiões áridas como para as úmidas o clima tornava-se semi-árido caracterizando-se pela concentração das chuvas. Tal convergência teria ocorrido no espaço e no tempo, embora pudessem ter existido certas diferenças na intensidade dos processos, no que diz respeito aos movimentos de massa e à ação das águas correntes, entre outros fenômenos.
- ◊ Processos erosivos de alta energia, com degradação lateral das vertentes, parecem também ter prevalecido nas regiões periglaciais durante as épocas glaciais. Nessas regiões marginais as geleiras, a ação das geadas e do degelo da neve foram responsáveis pela erosão das vertentes, pelo transporte dos detritos, pelos movimentos de massa e pela água corrente.
- ◊ As épocas glaciais do Quaternário parece ter sido caracterizadas por processos de alta energia com degradação lateral das paisagens. Durante épocas interglaciais, ao contrário, prevaleceram condições de baixa energia sobre grandes extensões dos

continentes. Tais padrões podem ter exceções regionais uma vez que as condições hidrodinâmicas responsáveis tanto pela morfogênese de alta como de baixa energia, são localmente influenciadas por uma sequência de variáveis. A interação entre elas pode ser visualizada pelas formas do terreno.

Em estudos das extensivas superfícies de erosão, dos sedimentos correlativos formados durante o Cenozóico, bem como dos fenômenos ocorridos principalmente no Quaternário, ERHART, (1955); BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, (1965); BIGARELLA e MOUSINHO (1966); ROHDENBURG (1970), confirmam que as zonas climáticas da Terra caracterizaram-se pela alternância de dois grupos principais de processos: 1) erosão extensiva das vertentes com degradação lateral ou dissecação vertical; 2) na formação extensiva de solos.

Segundo, BIGARELLA e MOUSINHO (1966), a atuação dos processos de degradação lateral do terreno (formação do pedimento) é relacionada aos períodos de chuvas concentradas, representando condições semi-áridas severas (*sensu lato*). Os depósitos correlativos sugerem que durante as épocas de degradação lateral ocorreram flutuações climáticas para o úmido, de pequena duração com chuvas melhor distribuídas, favorecendo o intemperismo químico e a formação de solos, contribuindo, também, para a “arenização das rochas cristalinas”, portanto período em que predominou a morfogênese. Já, as fases de pedogênese e conseqüente recomposição de cobertura vegetal estão vinculadas, principalmente, aos períodos de “dissecação linear da paisagem”, como evidenciada pela superposição de diferentes horizontes de paleossolos (BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, 1965).

Conforme PASSOS e BIGARELLA (1998), a erosão linear e a dissecação vertical do terreno requerem condições de clima úmido (*sensu lato*). A época úmida no presente caso caracteriza-se pela presença de curtos intervalos de climas mais secos, os quais causaram a retração da floresta e o desenvolvimento de uma vegetação aberta tipo cerrado ou caatinga. As flutuações climáticas para o seco contribuíram para a rápida remoção do solo desprotegido, pela ação das chuvas concentradas, tornando a dissecação mais efetiva.

Durante os episódios de semi-aridez do Pleistoceno, segundo BIGARELLA e MOUSINHO (1965), os movimentos de massa constituíram características típicas, especialmente na época de transição das condições úmidas para semi-áridas. Nessa ocasião

foram geradas grandes quantidades de depósitos de corrida de lama (solifluxão), que atualmente são identificados como colúvios e/ou colúvio-alúvios.

As seqüências de cicatrizes registradas nas vertentes da paisagem atual, e superposições de colúvios foram originadas por movimentos de massa cuja "... ciclicidade de episódios de movimentos de massa está, principalmente, relacionada a mudanças climáticas que afetaram a cobertura vegetal e as condições hidrológicas do subsolo". Esses movimentos de solifluxão que nas regiões úmidas tropical e subtropical do Brasil, não são somente movimentos superficiais como nas regiões temperadas, alcançam grandes profundidades devido à grande espessura do manto de intemperismo (com freqüência entre 5 a 30m ou mais) das regiões mais quentes. Nas condições de cobertura florestal atual, os movimentos rápidos são restritos, ocorrendo somente em vertentes de ângulo forte ou em áreas degradadas pela atividade do homem. (BIGARELLA e BECKER, 1975).

A respeito da participação da ação antrópica na dinâmica da paisagem, autores como: ANDERSON (1954), FREDRIKSEN (1970), BIGARELLA (1974), SWANSON e JAMES (1975), CRUZ (1974), demonstram que processos geológicos e geomorfológico, como a erosão e os movimentos de massa, são significativamente incrementados com a intervenção antrópica. Tais desequilíbrios se manifestam particularmente pela ação do desmatamento em áreas montanhosas.

Os produtos remanescentes de mudanças climáticas, localmente, constituem os depósitos de capeamento, de um significativo número de vertentes atuais. A disposição destes depósitos e as formas das vertentes são melhor compreendidas se relacionadas a ação dos processos morfogenéticos passados (BECKER, 1982).

A evolução das vertentes vem sendo descrita e esquematizada baseada em modelos evolutivos genéricos, como os propostos por DAVIS (1932); PENCK (1953); KING (1956); DÉRRUAU (1962), entre outros. Pode ser ainda analisada sob o aspecto de unidades funcionais, como é o caso apresentado por HACK e GOODLETT (1960). São modelos que se aplicam a segmentos, ou mesmo vertentes, quando vistos sem conotação genética, ou considerados dentro de características genéticas próprias, de determinados locais limitados a um determinado período de tempo geológico.

Nos últimos decênios, a criação de modelos e a concepção de teorias complexas que consideram a vertente como um sistema tridimensional, têm surgido com maior freqüência, das

quais destacam-se trabalhos como os de : DALRYMPLE, BLONG e CONACHER, (1968) e BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, (1965).

### 2.3 SUPERFÍCIES E NÍVEIS DE EROÇÃO: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

É freqüente a ocorrência em quase todo o território brasileiro de áreas com litologia e estruturas diversas, truncadas e aplainadas devido à ação de ciclos erosivos, originando formas divergentes daquelas desenvolvidas em condições normais da evolução atual, dada a sua estrutura ou constituição litológica. Este fato foi constatado por vários pesquisadores tais como: De MARTONNE (1943-1944); RUELLAN (1944) MAACK (1947); KING (1956) AB'SABER (1956); AB'SABER e BIGARELLA (1961); BIGARELLA et al. (1961); BIGARELLA e SALAMUNI (1961); BIGARELLA e AB'SABER (1964); BIGARELLA e MOUSINHO (1965).

Dispostas em grandes extensões, as superfícies e ou níveis de erosão são encontrados em inúmeras regiões da Terra, inicialmente conceituadas por DAVIS (1932) referindo-se como “**penepain**” ou ainda PENCK (1953) em sua versão “**endrumpf**”, por definição são originárias dos processos de denudação, que truncaram indiscriminadamente litologias e padrões estruturais. Nessas superfícies devido a paisagem final aplainada estar junto ao nível do mar apresenta ainda em seu estágio final denudação subaérea. As mesmas evoluem para novas superfícies com o soerguimento da crosta, originando uma paisagem cíclica, “**piedmonttreppen**” de PENCK (1953).

No Brasil, o termo peneplano foi genericamente utilizado para descrever essas superfícies de erosão até 1956, quando KING (1956), baseado em sua teoria de evolução de encostas, com a mesma concepção genética da definição original substituiu a interpretação única do processo de **peneplanização** pelos processos de “**pediplanação**” e “**pedimentação**”.

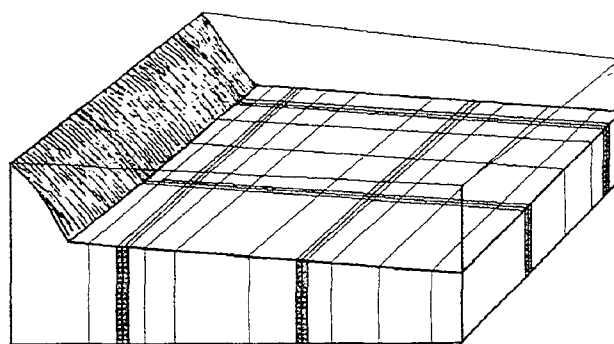
Introduzido inicialmente na linguagem geomorfológica por GILBERT (1882), o termo “**pedimento**” vem sendo utilizado como termo descritivo e freqüentemente é redefinido em função de sua ampla utilização na literatura geomorfológica, em que tem sido aplicado com conotação genética. Entre inúmeras referências, podem ser citados JOHNSON (1932a, 1932b.); BRIAN (1935); HOWARD (1942-1953); KING (1956-1957); BUDEL (1957); DÉRRUAU (1962); TUAN (1959); DRESH (1962) e WILLIAMS (1969).

BIGARELLA e AB'SABER (1964) foram os primeiros autores a generalizar as influências de grandes oscilações climáticas no modelado de pediplanos e pedimentos em toda porção oriental do Brasil, a partir dos registros como: de TRICART (1959-1977), AB'SABER e BIGARELLA (1961), AB'SABER (1956-1962), com o reconhecimento efetivo de que mudanças climáticas no passado geológico produziram feições topográficas, como níveis de erosão embutidos (terraços e pedimentos).

Fundamentados em pesquisas anteriores e em literatura internacional BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA (1965), e com base em levantamentos que efetuaram esses autores propuseram como novas definições aos termos pediplano e pedimento a seguir apresentadas, e que serão adotadas no presente estudo:

⇒ **PEDIPLANO** - São grandes superfícies aplainadas, resultantes da ação de processos que operam durante longas fases de severa aridez e que em estágios avançados, sob tais condições, permitiram, por meio da coalescência dos pedimentos, formar durante estas fases o pediplano.

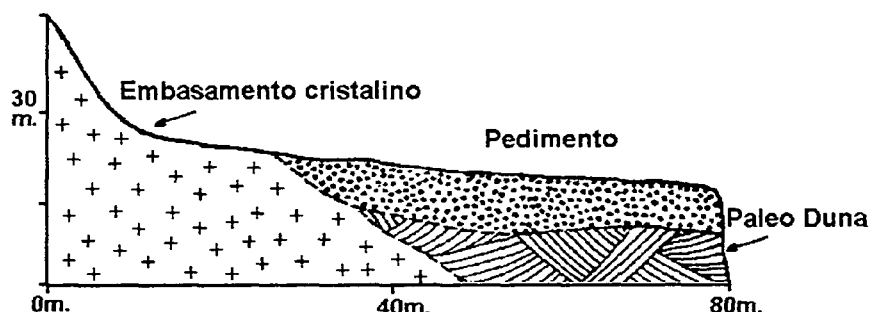
⇒ **PEDIMENTO**- Corresponde à superfície aplainada, ligeiramente inclinada, (Figura 2.7) encontrada no sopé de maciços montanhosos ou embutidos nos vales. Nessas superfícies os autores identificam duas fases distintas, com depósitos correlativos característicos: o **pedimento rochoso** (área fonte), porção resultante da degradação lateral acentuada ligada à morfogênese mecânica, seguido do **pedimento detrítico** constituído por uma sequência detrítica mais espessa. (Figura 2.8)



**Figura 2-7 - Diagrama ilustrativo, conforme conceito básico de pedimento.**

Representado por uma superfície suavemente inclinada, corta todas estruturas e rochas independentemente de sua natureza. O sistema de diaclasamento com menor adensamento representado por linhas mais afastadas indica rochas mais resistentes. De modo oposto onde há concentração de linhas, há menor resistência das rochas. (Adaptado de BIGARELLA *et al.*, 1978).

Com base em revisão da literatura e dados analíticos laboratoriais e de campo, BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA (1965) demonstraram as condições de formação provável das superfícies e níveis de erosão, as correlações entre os mesmos e estabeleceram uma datação generalizada dessas superfícies para o sul, sudeste e nordeste do Brasil. (Tabela 2.1).



**Figura 2-8- Pedimento detrítico nível P<sub>1</sub>.**

Exemplo de pedimento recobrimdo antigos depósitos de dunas na área ao sul de Lagoa, ilha de Santa Catarina, cujos depósitos eólicos tiveram suas estruturas destruídas possivelmente por movimentos de massa nas areias durante a fase de pedimentação. O material detrítico do pedimento (P<sub>1</sub>) é constituído por uma matriz siltico-argilosa e areias arcossianas, oriundas de terrenos a montante de constituição gnáissico-graníticos. (Adap. BIGARELLA; MOUSINHO; SILVA, 1965)

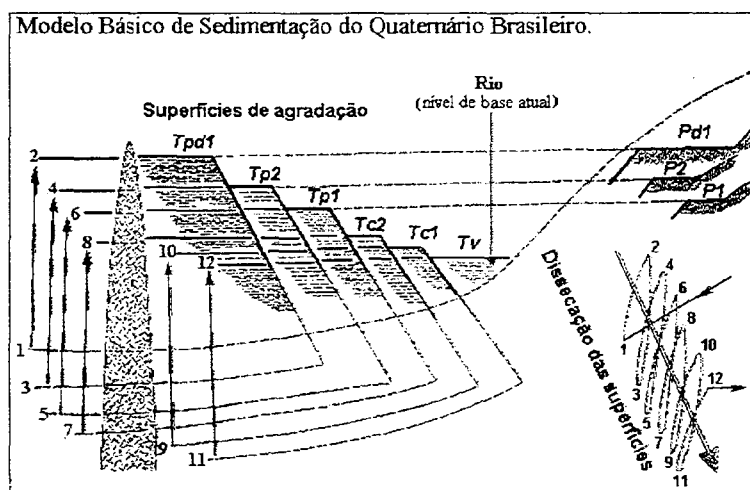
**Tabela 2.1- Superfícies de aplainamento e cronologia.**

Superfícies ou níveis	Período Geológico (Datação Provável)
<b>Pediplanos</b>	
Pd3	Oligoceno
Pd2	Plioceno Inferior
Pd1	Plioceno Superior
<b>Pedimentos</b>	Pleistoceno Inferior
P2	Pleistoceno (médio) - Kansan
P1	Pleistoceno - Illinoian

Baseado em : BIGARELLA et al. (1965).

As superfícies, anteriormente listadas na Tabela 2.1, têm como depósitos de preenchimento sedimentar vários níveis correlativos remanescentes da remoção pretérita, preservados em terraços os quais foram denominados por BIGARELLA, MARQUES e AB'SABER (1961) de: **Tpd**= Terraços de pediplanos, **Tp**= Terraços de pedimentos,

correlativo as superfícies identificadas pelos autores como sendo **pd**= de pediplano e **p**= de pedimento (Figura 2.9).



**Figura 2-9: Esquema das correlações existentes entre as diversas superfícies degradacionais e agradacionais.**

Esquema básico dos ciclos erosivos e deposicionais do Quaternário Brasileiro: 1) Superfície de relevo anterior ao ciclo de desenvolvimento do Pd<sub>1</sub>; 2) desenvolvimento do Pd<sub>1</sub>; 3) Dissecação; 4) Agradação desenvolvimento do P<sub>2</sub>; 5) Dissecação; 6) Agradação desenvolvimento do P<sub>1</sub>; 7) Sucessão do ciclo dissecação - agradação, com desenvolvimento dos baixos níveis de terraços até a elaboração do plano aluvial atual. O pico a esquerda do diagrama representa o nível de base local externo ao compartimento onde o controle em grande parte deve-se a natureza do ambiente e as condições hidrológicas regionais. Onde: Pd - pediplano; p - pedimento; Tpd e Tp - terraços correspondentes respectivamente a pediplano e a pedimento; Rc - rampas colúvio - aluvionares; Tc - baixo terraço de cascalho; Tv - terraço de várzea; To - planície de inundação atual. Fonte: BIGARELLA e MOUSSINHO (1965). Fig. Adap. de BIGARELLA e BECKER, 1975.

As últimas deposições ocorridas durante o período Quaternário (holocênicas) que são relativas às fases menores de denudação, resultaram em depósitos nas bases das vertentes em forma de rampas de colúvio - aluvionares, leques aluviais, além de formação dos depósitos de preenchimento e terraços (designados por BIGARELLA e MOUSSINHO (1965), Tc<sub>2</sub>, Tc<sub>1</sub>, Tv, To e as rampas Rc), junto aos quais encontram-se várzeas atuais e fluem os rios em seus canais (leito menor), bem como desenvolvem seus diques marginais e barras de meandro, planícies de inundação; depósitos estes, como sendo os terraços.

Resultantes de processos de condições de semi-aridez em períodos menores, segundo BIGARELLA e MOUSSINHO (1965), e BECKER (1982), os níveis inferiores de denudação não caracterizam a formação de pedimentos, dada a curta duração desses eventos, sendo os mais marcantes os ocorridos durante a glaciação Wisconsin (no hemisfério norte), originando os terraços Tc<sub>2</sub> e Tc<sub>1</sub>. Após a última glaciação, flutuações climáticas mais breves permitiram a formação dos aluviões atuais e rampas de colúvio (Rc), além de linhas de seixos e movimentos



de solifluxão que originaram as últimas camadas, atualmente distribuídas na superfície, e que contribuíram significativamente na evolução das vertentes.

As superfícies de erosão e/ou sedimentação, esquematizadas por BIGARELLA e MOUSINHO(1965), demonstram claramente as relações espaciais existentes entre estas unidades geomorfológicas.

Levantamentos de mapeamento mais sistemático das superfícies de erosão foram pela primeira vez realizados por KING (1956) em Minas Gerais e na Bahia, e já no final da década de 1970 mapeamentos sistemáticos efetuados na Região Metropolitana de Curitiba no Estado do Paraná, por PASSOS e COSTA (1982) e PASSOS (1987), permitiram não somente cartografar as principais superfícies, como também identificar diversos níveis intermediários correlativos a flutuações menores, ainda pouco estudadas e que têm grande importância na identificação dos processos morfogenéticos operantes no quaternário. Tais processos reafeiçoaram as grandes superfícies e originaram novas formações superficiais de natureza coluvial, relacionados localmente à origem de solos derivados de mobilização de antigos solos lateríticos das superfícies mais antigas (SANTOS,1977; ROCHA, 1981; e PASSOS, 1987).

Relações entre superfícies geomorfológicas e solos em diversos estudos (BUTLER,1959; RUHE et al., 1967; RUHE e WALKER, 1968; FURLEY, 1968; DANIELS et al., 1970; YOUNG, 1972; BIRKELAND, 1974; DERBY SHIRE, 1976; TRICART, 1977; ROCHA,1981; BECKER,1982 e PASSOS,1987) têm demonstrado que a compreensão da dinâmica de evolução das superfícies geomorfológicas, bem como a diferenciação dos tipos de superfícies formadas, são importantes para melhor entendimento das características genéticas e/ ou da distribuição espacial dos solos na paisagem atual.

No se que diz a respeito à morfogênese e sua importância na definição de unidades ambientais hodiernas, destaca-se RUHE (1956) para quem a distribuição dos solos na paisagem se relaciona com variações nos processos de formação de superfícies geomórficas em função de mudanças climáticas e da vegetação durante o Quaternário.

É grande a importância das relações entre as superfícies geomorfológicas e as modificações dos sistemas morfogenéticos, durante o Quaternário, e suas implicações na origem e desenvolvimento dos solos, em “seus caracteres tanto morfológicos quanto analíticos”. Segundo TRICART (1977), mesmo nas regiões onde ocorreu estabilidade geodinâmica durante todo o Holoceno, “o modelado é poligênico e formado por

heranças...”onde esse meio sofreu ligeiras interrupções geradas por períodos de instabilidade (relacionado as curtas oscilações climáticas)... Referindo-se a estes períodos o autor (op.cit.) observa que: quanto mais fraca a intensidade da dissecação, maior é a complexidade do modelado do solo, pois esta condição favoreceu a preservação de solos reliquiais ainda que raramente “in-totum”.

Em observações sobre as relações entre solos e superfícies geomórficas, em área modelada sob processos de pedimentação, QUEIROZ NETO e MODENESI (1973) definiram duas situações diversas para pedogênese, em função da posição ocupada no relevo. A primeira situação ocorre nos testemunhos das superfícies de erosão onde o material remanescente sofreu aditivamente os efeitos dos vários ciclos de pedogênese, relacionados às alternâncias paleoclimáticas, e se encontra profunda e intensamente alterado com os solos correspondentes a perfis, reliquiais ou paleossolos relictos. Ainda neste caso, o material pode ser redistribuído às superfícies mais baixas por processos erosivos, e prosseguir sua evolução. Nas vertentes é identificada a segunda situação, onde nas últimas oscilações climáticas curtas, de cada período erosivo, foi sucedido por uma fase de deposição, recobriu o que restou do perfil anterior, submetido a uma nova pedogênese de sentido análogo à precedente. A pedogênese, nesse caso, é denominada “sucessiva”, e os perfis resultantes são complexos, correspondendo cada horizonte enterrado a um “paleossolo fóssil”.

Ainda, no que diz respeito a pedogênese e atuação dos sistemas morfogenéticos de pedimentação mais recentes, podem ter resultado, através dos sucessivos períodos de aggradação e degradação, num mesmo local ocorrem cronossequências bastante complexas, em que muitas vezes a relação entre idade das superfícies e solos podem apresentar sequências inversas, ou seja, em superfícies antigas solos rejuvenescidos ou mesmo recentes, em superfícies mais baixas (recentes) sobre materiais erodidos das antigas superfícies ocorrem solos mais desenvolvidos, com características de antigüidade sob o ponto de vista pedogenético, adquiridos do material original. (PENTEADO e RANZANI 1973).

LEPSCH (1974), investigando uma topossequência em Rio Claro (SP), situada sobre três superfícies geomorfológicas distintas, sendo a mais antiga do Pleistoceno-Médio e as demais posteriores, também relacionou aos “Oxisols” a superfícies mais antigas e dentre os “Ultisols” o de menor desenvolvimento, à superfície mais recente. Segundo ROCHA (1981),

situação similar foi apresentada por topossequências originárias de materiais pleistocênicos encontrados na Bacia Sedimentar de Curitiba.

Os trabalhos de QUEIROZ e MODENESI (1973); PENTEADO e RANZANI (1973); LEPSCH et al. (1974); SANTOS (1977); ROCHA (1981) e PASSOS (1987), anteriormente mencionados, apontam como provável período de formação dos “Oxisols” mais antigos o Pleistoceno, o que coloca a origem das superfícies sobre as quais os mesmos desenvolveram para período anterior, provavelmente Plioceno, e atribuem a ocorrência dos “Ultisols” e “Inceptisols” ao reafeiçoamento das superfícies à erosão e ao retrabalhamento do material original.”.

Entre várias topossequências estudadas no Paraná, a disposição é similar às topossequências quaternárias acima descritas. Em pesquisas efetuadas nas regiões Norte e Noroeste do Paraná, COSTA LIMA (1979a); COSTA LIMA (1979b); SANTOS FILHO e ROCHA (1981a, b, c), e na região de Curitiba ROCHA (1981); PASSOS (1987) identificaram nas superfícies mais elevadas, estáveis e antigas, solos com maior desenvolvimento morfológico e genético (Latossolos). Em superfícies intermediárias solos com B - textural e/ou Latossolos rejuvenescidos, e nas superfícies menos elevadas, dissecadas e recentes, solos menos desenvolvidos morfológica e geneticamente (Cambissolos e Solos Litólicos).

Referindo-se a solos localizados em superfícies intermediárias ROCHA (1981), caracteriza estes solos (Latossolos) rejuvenescidos e /ou B-texturais menos desenvolvidos como sendo originários do retrabalhamento de material de superfícies mais antigas, ao qual em estudo específico realizado na região de Curitiba, define como “pedissedimentos”. Situação similar foi descrita por PASSOS (1987), em solos desenvolvidos a partir de colúvios retrabalhados, distribuídos em superfícies escalonadas a partir do pediplano Pd<sub>1</sub> na localidade de Umbará na Região Metropolitana de Curitiba.

A condição climática atual no sul do Brasil, possivelmente vigente nas últimas fases segundo PENTEADO (1969), relaciona-se a um período úmido e relativamente mais quente, sofreu pelo menos cinco oscilações do úmido para o seco, registradas por deposição de paleopavimentos, paleossolos e colúvios ocorridos nos últimos 4.500 anos.

A essas curtas oscilações, BIGARELLA (1964) sugere épocas mais recentes, de ocorrência dos movimentos de solifluxão originários das últimas deposições generalizadas de colúvios, referindo-se como épocas de encerramento a 2.400 anos atrás.

## 2.4 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.

Dentre os recursos recentemente aperfeiçoados pelo avanço da informática voltados à geomática, destacam-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e novas aplicações de sensoriamento remoto no campo de processamento digital de imagens. Definidas como técnicas de Geoprocessamento, cada vez mais acessíveis e utilizadas no Brasil, seguindo tendência mundial, como pode ser constatado na evolução dos eventos do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, com cinco eventos realizados até 1999, e no significativo aumento do público nesse tipo de evento que possibilita a atualização, difusão e demonstração da aplicação dessas tecnologias, ou ainda no Congresso e Feira de Usuários de Geoprocessamento: GIS-Brasil, realizado em Curitiba-PR. o qual em 4 anos passou de 700 participantes em 1994, para 3.000 em 1997 e no ano de 1998, estimada em 6.000 participantes. (FATOR -GIS, 1998).

A introdução no presente estudo das tecnologias do SIG, bem como do processamento digital de imagens, deve ser entendida com base nas considerações anteriores e particularmente segundo os princípios citados por MARBLE (1990), como sendo uma proposta de mudança no modo de equacionar problemas espacialmente referenciados e da própria estruturação das atividades humanas, pois entende-se que um investimento tecnológico deve buscar a melhoria da qualidade do trabalho produzido.

XAVIER-DA-SILVA e CARVALHO (1993) apresentam o SIG (Sistema de Informação Geográfica) como metodologia eficaz de integração cartográfica e de banco de dados convencional com informações georreferenciadas, destacando sua importância para a pesquisa ambiental, tanto no gerenciamento de dados como na geração de informações valiosas na tomada de decisões. Segundo os autores, “o pleno uso destes sistemas deve resultar em trabalhos com princípio, meio e fim, ou seja que contenham inventários adequados sobre os quais se executem análises espaciais temporais e prognoses orientadas para finalidades bem definidas”.

O sensoriamento remoto consiste na utilização combinada de sensores coletores de dados, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, satélites, ou outras plataformas, com o objetivo de pesquisar o ambiente terrestre por meio do registro (em diferentes produtos como: fotografias aéreas, imagens orbitais, imagens de radar, entre outras) e análise da resposta espectral dos alvos (interações entre a

radiação eletromagnéticas e as substâncias) componentes da Terra em suas diferentes manifestações (NOVO, 1989). Ou ainda de modo mais sintético, segundo definição de LILLESAND e KIEFER (1987), é a ciência e arte de obter informação de um fenômeno, área ou objeto, mediante a análise de dados adquiridos por meio de sensores remotos (equipamentos que coletam dados ou imagens sem o contato direto com o objeto estudado).

No que se refere ao avanço tecnológico, em particular o avanço do sensoriamento remoto a partir do projeto RADAMBRASIL, a aplicação em estudos abrangentes envolvendo levantamentos multidisciplinares sistemáticos de grandes extensões territoriais tornou-se possível mediante a disponibilidade de imagens em escalas de pequena a média de todo território brasileiro, e que teve sua perspectiva bastante ampliada com as imagens orbitais disponíveis a partir de meados da década de 1970. Sua periodicidade possibilitou acompanhar a evolução da antropização dos ambientes primitivos, e as diferenças espectrais (especialmente com o sensor multi-espectral Landsat TM), facilitaram o detalhamento e a diversificação ainda maior dos levantamentos temáticos multidisciplinares e interdisciplinares; levantamentos que além de sistematizados passaram a ser automatizados na década de 1990 com o uso da tecnologia digital.

ODUM (1988), que abre a obra *Fundamentos de Ecologia* com imagens de sensores remotos; destacando a sua importância no estudo das inter-relações organismos e o ambiente, classifica quatro categorias da investigação ecológica suscetíveis da utilização de técnicas da detecção remota; 1) inventariação e cartografia de recursos; 2) quantificação do ambiente; 3) descrição do fluxo de matéria e energia no ecossistema; e 4) avaliação das alterações e de soluções alternativas para o ordenamento dos ecossistemas. O autor em capítulo específico, comentando a aplicabilidade do sensoriamento remoto em sistemas informatizados a partir da última década, encerra o último parágrafo com as seguintes palavras: “ Porventura, o estabelecimento de prioridades e zonas de utilização baseadas na compreensão do ecossistema, auxiliado por instrumentos de detecção remota, é uma alternativa plausível para o abuso múltiplo e irreversível.”

ORELLANA (1985), considerando o meio ambiente "resultado de inter-relação e funcionamento entre elementos sociais e naturais em forma de sistemas", sugere como melhor metodologia de abordagem a “análise sistêmica” (sistema: “componentes com interação e interdependência regulares formando um todo unificado”; conforme definição do

*Webster's Collegiate Dictionary*). A mesma autora ainda enfatiza que, para tal, o uso de métodos de correlação e técnicas de sensoriamento remoto assume grande importância como procedimentos para observar o "meio no espaço e no tempo".

O uso do sensoriamento remoto aplicado à geomorfologia pode ser verificado em trabalhos como: LUGDER (1960); AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (1960/1983); MITCHEL (1973); VERSTAPPEN (1977); THOWSHEND, (1981); HOWARD e MITCHELL, (1980); HOWARD (1991).

VERSTAPPEN (1977), apresenta em seu livro *Sensoriamento Remoto Aplicado a Geomorfologia*, uma síntese dos conhecimentos até o ano de 1975, demonstrando o potencial de aplicações e as vantagens do uso de imagens orbitais em geomorfologia.

Segundo ROSA (1989), o fenômeno geomorfológico é de extensão espacial muito variável podendo ser observado quer em nível orbital (cadeias montanhosas), quer em nível microscópico (grau de arredondamento dos grãos de areia). À medida que aumenta a extensão espacial de uma forma ou conjunto geomorfológico, mais difícil se torna ao observador estudá-lo em sua totalidade. Neste caso a tecnologia do sensoriamento remoto na obtenção de imagens permite a observação global do terreno possibilitando o estudo das formas e de suas relações com outros fenômenos ambientais.

O uso de imagens em composições coloridas nas aplicações do sensoriamento em geral decorre da maior sensibilidade do olho humano à discriminação de variação cromática que a intensidade luminosa (BARRET e CURTIS, 1982 e JIMENEZ e GARCIA, 1982) e devido ao provável aumento de informação com a adição de três bandas do espectro. Em função disso, é compreensível o fato de a cor ser considerada como elemento básico na interpretação ou análise visual de imagens orbitais multiespectrais( CHUVIECO, 1990).

Essas composições mesmo tendo variações cromáticas estranhas podem ser mais interessantes sob o aspecto interpretativo que as próprias composições de cores ditas naturais, em que determinados elementos ou feições são imperceptíveis, e nas faixas mais amplas do espectro invisível abrangidas pelo infravermelho (bandas 4, 5, 6 e 7 do Landsat 5 TM.) são facilmente diferenciados. Assim as referidas imagens falsa cor ou bandas passam a ter grande valor temático para diferentes aplicações multidisciplinares, como pode ser verificado na Tabela 2.2 ( pag. 48).

O uso de uma faixa mais ampla do espectro (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7)<sup>7</sup>, no entanto conforme pode ser constatado pelas próprias aplicações enumeradas na Tabela 2.2, resulta em certa redundância de dados, fato que pode ser constatado igualmente na interpretação visual de diferentes bandas, onde a mesma feição pode apresentar respostas espectrais similares, e deste modo pode ser observada da mesma maneira em mais de uma banda, e.g. a água ou o relevo. Essa redundância de dados comuns em imagens multiespectrais pode ser removida mediante transformações dos dados por análise dos principais componentes, (LILLESAND; KIEFER, 1987; CHUVIECO, 1990 e CROSTA, 1993).

Nesse caso, o processamento digital das imagens tem grande importância na seleção dos dados, pois, conforme CHUVIECO (1990), além da manipulação de realce de contraste e geração de composições, os dados podem ser transformados por poderosas ferramentas de análise estatística como os Fatores ou Componentes Principais (CPs), que resultam em imagens síntese, ou seja, produzindo a partir dos dados originais um novo conjunto de menor dimensão, preservando as informações essenciais ou mais significativas. Estatisticamente as referidas CPs facilitam a interpretação sobre o eixo de variabilidade de uma imagem, a qual permite identificar as bandas que têm informação comum (feições que são reconhecidas na maioria das bandas - dados redundantes), e aquelas particulares do registro de determinadas informações características de determinado tipo de cobertura do solo, favorecendo desta maneira a otimização do uso das imagens na geração de composições coloridas.

Em decorrência da possibilidade da aplicação das referidas técnicas de análise por transformação anteriormente mencionadas para geração de composição com a combinação de dados de todas as bandas de interesse (bandas TM 1, 2, 3, 4, 5 e 7) no *software* utilizado, optou-se pela agregação de informações espectrais das bandas que apresentam correlação.

---

<sup>7</sup> A banda 6 TM ou seja a do infravermelho termal foi descartada por ser considerada pela literatura como de pouca sensibilidade discriminatória dos alvos objeto do presente estudo ou seja a cobertura vegetal e a geomorfologia, (Vide Tabela 6.1), assim como, por apresentar resolução espacial consideravelmente menor (120 x120 m./pixel), quando comparada as demais bandas que tem resolução de 30x 30 m./pixel.

Tabela 2.2: Bandas do sensor orbital Landsat - TM, intervalo espectral, aplicações, características.

Banda	Intervalo - $\mu$ m	Características e Aplicações
1	0,45-0,52 *Azul	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapeamento de áreas costeiras; Estudos de sedimentos na água; Apresenta grande penetração em corpos de água com elevada transparência permitindo estudos batimétricos.</li> <li>Sofre forte absorção pela vegetação - clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares (carotenóides) Diferenciação entre vegetação conífera e decídua;</li> <li>Apresenta sensibilidade a plumas de fumaça oriundas de queimadas ou atividade industrial. Pode apresentar atenuação pela atmosfera.</li> <li>Diferenciação solo/vegetação;</li> </ul>
2	0,52-0,60 *Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapeamento de vegetação forte reflectância pela vegetação - vegetação sadia;</li> <li>Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade;</li> <li>Boa apresentação em corpos de água.</li> </ul>
3	0,63-0,69 *Vermelho	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenciação de espécies vegetais; A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aqueles sem vegetação (solo exposto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de cobertura vegetal (agricultura, campo, cerrado e floresta). Permite a análise da vanação entológica em regiões com pouca cobertura vegetal.</li> <li>Mapeamento de poluentes na água.</li> <li>É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos.</li> <li>Permite a identificação de áreas agrícolas</li> </ul>
4	0,76-0,90 *Infra-vermelho próximo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto contraste terra / água - Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros</li> <li>Pesquisa de Biomassa - forte reflectância pela vegetação. A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas margens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal) Permite a visualização de áreas ocupadas com macrófitas aquáticas (ex.: aguapé). Permite separar e mapear áreas ocupadas com pinus e eucalipto. Permite mapear áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas.</li> <li>Morfologia - Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo a obtenção de informações sobre Geomorfologia, Solos e; permitindo o mapeamento da rede de drenagem.</li> <li>Geologia - serve para análise e mapeamento de feições geológicas e estruturais.</li> <li>Permite a identificação de áreas agrícolas.</li> </ul>
5	1,55-1,75 *Infravermelho	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muito sensível à umidade esta banda sofre perturbações em caso de ocorrer excesso de chuva da obtenção da cena pelo satélite;</li> <li>Muito sensível à umidade do solo e vegetação;</li> <li>Medidas da umidade da vegetação; - Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico</li> <li>Diferenciação entre nuvens e neve.</li> <li>Uso do solo</li> </ul>
6	10,4-12,5 8 *Infravermelho Termal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapeamento termal. Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.</li> <li>Sensível à umidade do solo</li> <li>Identifica estresse na vegetação</li> </ul>
7	2,08-2,35 *Infravermelho	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boa discriminação geológica - tipos de rochas.</li> <li>Mapeamento hidrotermal; Potencialmente favorável à discriminação de produtos alteração hidrotermal .</li> <li>Identificação de minerais com íons hidroxilas;</li> <li>Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.</li> <li>Esta banda serve para identificar minerais.</li> </ul>

• Denominação da classe espectral

Fonte: RICHARDS (1986) ; NOVO (1989) e ROSA (1990).



Segundo CROSTA (1993), as referidas transformações sempre vão obscurecer diferenças sutis entre reflectâncias dos materiais superficiais, dificultando a sua identificação e separação, e que normalmente se apresentam como certa redundância de informação existente entre bandas adjacentes, fato indesejável em composições coloridas, pois diminui a eficiência de exposição das cores. Para contornar o referido problema, utiliza-se a técnica de Transformação por Componentes Principais que como função principal determinou a extensão de correlação entre bandas de uma mesma cena e removeu os DNs, por meio de uma operação; com método de transformação matemática apropriada, criam-se novas imagens dos componentes principais PC1, PC2, PC3, PC4, PC5 e PC6.

Conforme CROSTA (1993), a principal tarefa da APC resume-se a “ dadas  $N$  imagens brutas ( sem qualquer outro tipo de processamento), são analisadas as correlações entre elas e produzido um novo conjunto de  $N$  novas imagens, com nenhuma correlação entre si. De modo geral, esse novo conjunto de imagens terá as seguintes características: a primeira delas, chamada de 1ª Principal Componente (PC), ou PC1, irá conter a informação que é comum a todas as  $N$  bandas originais; a 2ª PC irá conter a feição espectral mais significativa no conjunto e assim sucessivamente as PCs de ordem mais alta irão conter feições espectrais cada vez menos significantes, até a última PC, que conterá então a informação que sobrar”.

A Transformação por Análise de Principais Componentes (APC) é recomendada para reduzir a dimensionalidade dos dados, (LILLESAND; KIEFER, 1987, CHUVIECO, 1990 e CROSTA, 1993) e, também, por ser uma técnica poderosa no realce de imagens.

O uso da APC presta-se ainda à detecção de mudanças ocorridas na cobertura do solo, (CHUVIECO - 1990), fato que reforça a possibilidade de aplicação desse procedimento. Nesta aplicação citam-se os trabalhos de RINGROSE; LARGE. (1983) como apoio a levantamentos ecológicos em ambientes tropicais úmidos; LEE et al. (1990) para monitoramento de áreas reflorestadas com *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.

Sob o ponto de vista meramente estatístico, a APC facilita em uma interpretação preliminar identificar as características comuns à maioria das bandas e aquelas que são específicas de uma determinada banda (CHUVIECO - 1990).

Entretanto, segundo CROSTA (1993), o espaço de atributos das imagens PCs não é muito grande e, em particular, a segunda PC possui muito menos contraste que a primeira, o que é comum em APC, onde cada sucessiva possui menos informação que suas predecessoras.

Por outro lado, se as imagens de PCs forem submetidas a um aumento de contraste, no sentido de se obter uma mesma variância para a primeira e a segunda PCs, seu espaço de atributos vai ser consideravelmente ampliado, especialmente se a cada componente forem aplicados aumentos de contraste independentes, sendo os eixos das PCs transladados o efeito do realce de contraste é otimizado, pois ao contrário das distribuições elípticas do espaço de atributos originais das imagens que tendem apenas a “esticar”, nas PCs tendem a uma distribuição final em círculo; desse modo utilizando “muito melhor o espaço de atributo, permitindo uma melhor diferenciação dos materiais superficiais”.

A demanda de uso dos produtos de processamento de imagens e cartográficos digitais teve sua origem com os novos recursos da informática direcionados ao geoprocessamento desenvolvidos a partir da década 1960-70, com aplicação da automatização de funções de desenho assistidas pelo computador de sistemas CAD (*computer assisted cartography*) e em banco de dados cartográficos temáticos digitais em sistemas avançados denominados Sistemas de Informação Geográfica - SIG. Tais sistemas, além da manipulação do desenho em meio digital, dispõem de recursos que permitem a associação de atributos gráficos espaciais desses desenhos a atributos não gráficos, que facilitam a coleta, armazenamento, recuperação, transformação e visualização do mundo real a partir de uma base informatizada de dados geográficos, ambientais ou demográficos, que podem ser manipulados separadamente ou em combinação por intermédio de um poderoso conjunto de ferramentas. Estes recursos de geoprocessamento, incluindo o Sensoriamento Remoto por meio do Processamento Digital de Imagens (PDI), hoje podem ser considerados técnicas indispensáveis em estudos que envolvam a análise ou o monitoramento da dinâmica da paisagem ou do espaço geográfico. (BURROUGH, 1989)

Um Sistema de Informação Geográfica pode ser entendido, segundo a concepção de CHUVIECO (1990), como um sistema que explora as capacidades analíticas dos computadores na manipulação de uma base informatizada de dados com algum componente espacial georreferenciado armazenado em meio digital. Com eles é possível a otimização de diversas operações que anteriormente requereriam muito esforço ou eram praticamente impossíveis de serem efetuadas com a manipulação convencional de dados no formato analógico. Dessas operações, dentre as mais usuais destacam-se: a generalização cartográfica, a análise de tendências e a integração de variáveis espaciais, o que amplia grandemente as

possibilidades de análise dos mapas convencionais, assim como facilita o acesso direto do usuário na atualização, consulta e visualização, de imagens, mapas, gráficos, dados etc.

Segundo BURROUG (1989), o SIG como ferramenta para combinar ou associar e sobrepor diversos tipos de dados gráficos e não-gráficos em um único mapa, em sua aplicação é mais do que um meio de geocodificação, armazenamento, transformação, recuperação e visualização de informações da superfície terrestre. As informações geográficas inseridas em um SIG devem representar um modelo do mundo real, sintetizado em mapas que mostram dados, combinados em mapas síntese ou em produtos cartográficos temáticos individualizados.

Uma das aplicações mais poderosas do SIG é a simulação de modelos PARKER (1988) cita esta aplicação no gerenciamento de recursos naturais no qual uma vez formuladas as alternativas de uso dos recursos da terra, o SIG pode servir para avaliar cada uma das alternativas em termos de impacto ambiental e implicações econômicas de áreas envolvidas, indicando os conflitos potenciais do uso da terra.

Nesse sentido são encontradas e.g. como de Zinck e Valenzuela<sup>8</sup> citado em BELWARD e VALENZUELA (1991), que, com base em critérios geomorfológicos e pedológicos de classificação da terra, apresentam uma aplicação do SIG, no gerenciamento de uma base de dados geográfica pedológica, tendo como produtos de saída inúmeras informações e produtos cartográficos gerados a partir da integração das informações de geomorfologia solos de determinados espaços geográficos, previamente modelados e otimizados com o próprio SIG.

Quanto à utilidade de qualquer SIG, depende fundamentalmente do tipo, da precisão e do detalhamento de sua base de dados (HOWARD, 1991).

Dentre as várias fontes de dados utilizados pelo SIG, certamente uma das mais importantes é aquela provida pelo sensoriamento remoto, particularmente quando existe uma preocupação com a biosfera e em tempo o mais próximo do real. Segundo EASTMAN (1997), é muito importante o acesso a essas imagens na forma digital, pois permitem rápida integração dos resultados de análise do sensoriamento remoto para o SIG.

Quando um único *software* incorpora um sistema de manipulação de imagens que permite o *display* simultâneo e a edição no monitor em *overlay's* de bases cartográficas ou mapas temáticos vetoriais sobre imagens georreferenciadas, são particularmente destacadas,

---

<sup>8</sup> ZINCK, J.A. & VALENZUELA C.R. In :BELWARD, A.S. & VALENZUELA, C.R. **Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resource Management in Developing Countries- Euro courses: Remote sensing** . Vol.1 . Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1991. 443-475.

inúmeras facilidades, tais como: a atualização de bases cartográficas; o apoio à locação de pontos para controle (que em campo pode ser facilitada com o uso do GPS, ou seja sistema de posicionamento global), bem como a visualização e demarcação de áreas de interesse, ou de treinamento a partir de bases vetoriais produzidas de bases convencionais em sistemas CAD a partir de mesa digitalizadora, ou da digitalização via *scanner* ou mesmo digitalizadas diretamente na tela (monitor), assim como a utilização do overlay na localização de referências visuais ou limites imperceptíveis nas imagens, como: a divisão fundiária; limites políticos; as redes viária ou de transmissão elétrica etc. Tais recursos tornam sistemas dessa natureza cada vez mais requisitados, especialmente com a redução de custos e dos avanços das tecnologias de informática e sensoriamento remoto anteriormente mencionados.

LILLESAND; KIEFER (1987) enumeram, dentre algumas aplicações, as vantagens de uso integrado de Sistemas de Informações Geográficas aos procedimentos de Tratamento e Interpretação de Imagens Digitais em Sensoriamento Remoto, para análises de fenômenos complexos como a determinação da erodibilidade dos solos.

BOCCO e VALENZUELA (1988); BOCCO, C.<sup>9</sup> In: BELWARD e VALENZUELA, (1991), igualmente, demonstram o potencial de aplicação dos recursos de integração de SIG e STDI para o mapeamento da erosão e uso da terra, relacionando informações geomorfológicas obtidas com levantamentos de campo com dados multiespectrais e de fotointerpretação.

Segundo HOWARD (1991), o pronto acesso ao SIG por fotointérpretes ou analistas de imagens significa um efetivo processo de modernização dos processos convencionais adotados a partir da pós-segunda Guerra Mundial. Ainda segundo o mesmo autor, tal modernização faz-se necessária pela crescente demanda do uso de imagens, de sua diversificação de formatos

e escalas, a tendência de redução de trabalhos de campo e redução de serviços especializados requisitados pelo fotointérprete tradicional. As facilidades de manipulação de informações espaciais e obtenção de *overlay* resultante da combinação de uma série de mapas temáticos (geologia, morfologia, declividade, rede viária, uso da terra), com precisão e rapidez, constituem outras vantagens.

---

<sup>9</sup> BOCCO, C. In: BELWARD, A.S. e VALENZUELA, C.R. **Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resource Management in Developing Countries- Euro courses: Remote sensing**. Vol.1. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1991. 477-490.

ROSS e SNAPE<sup>10</sup> *in*: KEIT e SHORTEID (1991), do mesmo modo, destacam vantagens na aplicação de sistemas integrados de informações geográficas com sistemas de tratamento de imagens digitais, enfatizando sua importância no sensoriamento especialmente o multi-espectral, devido à habilidade de tais sistemas em identificar e medir diferentes fatores na superfície da terra, com rapidez e possibilidade de, em curto espaço de tempo, atualizar as informações, assim como sua flexibilidade para manipular dados em diferentes escalas. Entre diversas aplicações dos sistemas integrados, destacam os autores o uso em inventários florestais, amostragem de áreas florestadas e monitoramento florestal.

---

<sup>10</sup> ROSS, R. e SNAPE, N. *in*: HEIT, M. & SHORTEID, A. **GIS- Applications in natural resources**. GISWORLD, Colorado, 1991.

### **3. ASPECTOS GERAIS DO ESPAÇO GEOGRÁFICO OBJETO DO ESTUDO.**

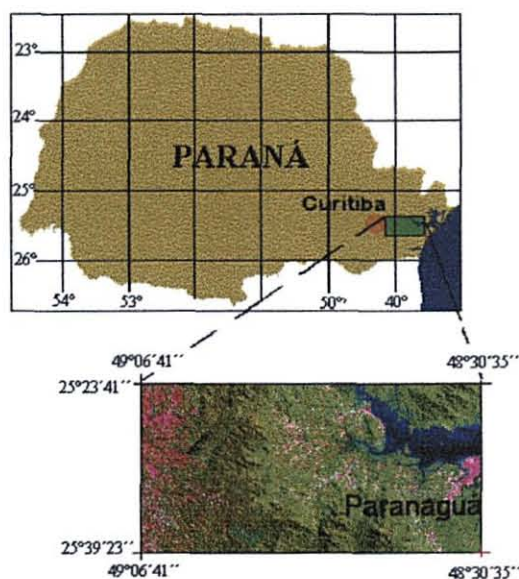
#### **3.1 LOCALIZAÇÃO :**

Centralizada na porção oriental do Estado do Paraná, a região em estudo situa-se na parte central da micro-região de Paranaguá no litoral paranaense e alcança na extremidade ocidental a parte leste da Região Metropolitana de Curitiba, abrangendo partes dos municípios de Paranaguá, Morretes, Guaraqueçaba, Piraquara, Quatro Barras, Pinhais e São José dos Pinhais, Figura 3.1 (vide em escala maior no Anexo 02).

A área em estudo, localiza-se junto ao Pico do Marumbi, estendendo-se ao sul da serra homônima, parte do setor central no segmento paranaense da Serra do Mar, e abrange a segmento central da borda oriental do Planalto Meridional do Brasil, no Estado do Paraná compreendendo ainda parte da zona litorânea e a região denominada Primeiro Planalto no setor localmente denominado de Planalto de Curitiba. A leste da referida serra, apresenta ramificações que avançam sobre a planície litorânea em cuja porção central situa-se a cidade de Morretes, estendendo-se em direção à baía de Paranaguá. Localmente tais ramificações constituem as serras: Serra da Igreja e Serra das Canavieiras, Serra da Prata e Serra do Feiticeiro; as últimas intercaladas pelas Baías de Paranaguá e Antonina, junto as quais localizam-se as cidades portuárias de Paranaguá e Antonina.

Está cortada pelas principais vias de acesso ao litoral paranaense, rodovia BR-277 e pela ferrovia RFFSA Curitiba - Paranaguá, corredores de exportação que ligam o interior do Estado do Paraná ao Porto de Paranaguá e o integram ao MERCOSUL, além das rodovias estaduais PR 340, PR 405, PR 408, PR 410, PR 411.

A área em grande extensão é parte do Parque Estadual do Marumbi (Monumento Natural Estadual e Área Especial de Interesse Turístico); além de envolver as áreas urbanas e parte dos municípios anteriormente citados, abrange ainda parte dos municípios de São José dos Pinhais e Piraquara, sendo delimitada pelas coordenadas geográficas: 25° 23' 40.71"S; 25° 39' 23.16" S. e 48° 30' 34.72" W; 49° 6' 40.59" W.



(Adapt. ENCARTA, 2000; EMBRAPA, 1986 e corte de imagem do INPE, 1997).

**Figura 3-1: Localização da área de estudo:**

Porção meridional do território brasileiro e setor oriental do Estado do Paraná, centralizada da micro região de Paranaguá no litoral paranaense, abrangendo uma pequena porção do setor oriental da Região metropolitana de Curitiba.



## 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

### 3.2.1 Relevo:

A Serra do Mar inserida em zona limítrofe entre o planalto e a planície costeira destaca-se no relevo regional com altitudes que apresentam elevações com 500m acima do nível do Planalto, apresentando escarpas com taludes mais íngremes e vertentes com declive mais acentuado na face oriental, onde são comuns inclinações com gradientes acima de 45%, em encostas com mais de 600m de desnível, intercalados por patamares mais ou menos aplainados. A serra e sua zona de piemonte, além de constituírem o elemento fisiográfico marcante na região, destacam-se como elemento determinante na diferenciação ambiental e distribuição da biota local.

Considerada de elevada complexidade geomorfológica, a Serra do Mar, o principal conjunto fisiográfico local e regional, em sua frente escarpada superior abriga altos maciços residuais de borda do planalto (BIGARELLA et al., 1978). A serra localmente tem como superfícies elevadas, com mais 1.500 m a.n.m., o Pico do Marumbi com 1.547 m a.n.m. de altitude e morro do Leão, com 1.567 m a.n.m. conforme MAACK (1969); apresenta ainda ramificações como cadeia de montanhas e pequenos morros, em que se sobressaem as serras das Canavieiras, da Igreja e Prata, que chegam a atingir cotas de 1.549 m a.n.m. (IBGE, 1998).

Junto ao segmento atravessado pela rodovia federal BR-277 no ponto mais elevado, 947 m a.n.m. (RN 2943 V),<sup>1</sup> o núcleo principal da serra desaparece (altas Serras, MAACK, 1968), cedendo lugar a uma escarpa (Figura 3.2). A partir da cota dos 800m a.n.m. com vales muito encaixados, surgem seções retilíneas de vertentes escarpadas ou com gradientes bem superiores a 45% de declive, apresentando segmentos com desníveis superiores a 500 metros, contrastando com as planícies, superfícies quase planas que nas áreas de contato com o piemonte não ultrapassam 20m a.n.m. para alcançar a baía em 10 a 15 km a jusante (IBGE, 1992).

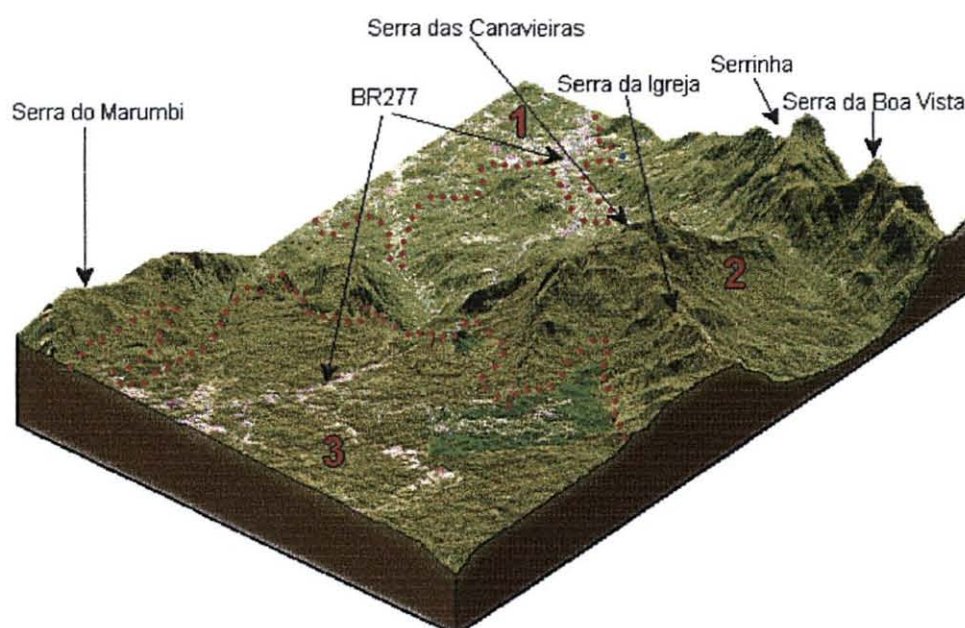
No planalto o relevo montanhoso da serra passa em forma de transição de um relevo ondulado de colinas para um relevo suavemente ondulado nas áreas mais aplainadas no centro do planalto, o qual localmente apresenta altitudes médias de 910m a.n.m., onde raramente a maior altitude ultrapassa aos 950m a.n.m., enquanto as planícies aluviais do rio Iguaçu e

---

<sup>1</sup> Referencia de nível folha Mundo Novo 1:50000, IBGE (1992)



afluentes principais Iraí, Piraquara e Pequeno, apresentam o seu nível de base em torno de 890 m a.n.m. de altitude.



**Figura 3-2 Vista parcial de parte da área compreendida pela carta topográfica Mundo Novo:** Destaque da macro-compartimentação da área estudada. 1- Planície Sedimentar Costeira 2- Serra do Mar e Faixa de Piemonte 3- Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba. Modelo de elevação do terreno gerado no software IDRISI, montado a partir de base cartográfica digitalizada no software Microstation e imagem Landsat TM processada no software IDRISI.

### 3.2.2 Hidrografia

A hidrografia local destaca-se por ser área de nascentes formadoras dos dois grandes sistemas hidrográficos do Estado do Paraná. Sistemas compreendidos pelas bacias principais: a bacia do rio Paraná e a bacia Atlântica, sendo a zona da Serra do Mar característica de cabeceira de drenagem, ou seja, área de mananciais.

Nas vertentes ocidentais da serra desenvolvem-se os cursos formadores da sub-bacia do rio Iguaçu (principal afluente do rio Paraná no Estado), denominada neste setor de Alto-Iguaçu, apresentando na área as suas principais sub-bacias locais formadoras da margem esquerda, os rios Iraí, Piraquara, Itaqui e Miringuava, rios que apresentam vales assimétricos em seu médio e baixo curso, setores em que desenvolvem amplas planícies sujeitas a inundação sazonal (leito maior). A montante junto à serra desenvolvem vales estreitos em “V” encaixados retilíneos obedecendo a um padrão dendrítico a subparalelo bastante diverso dos cursos inferiores cuja densidade é menor e o padrão passa de dendrítico a meandrante.

Nas vertentes orientais da serra, a bacia hidrográfica do Atlântico está localmente compreendida em duas sub-bacias, a do Nhundiaquara e a da Baía de Paranaguá. A primeira é constituída pelo conjunto de pequenos cursos, os rios Ipiranga, Marumbi, Nhundiaquara, Sagrado, Passa-sete, do Pinto, Canavieiras/ Cubatãozinho, e outros que têm suas nascentes na serra e ou escarpas. A segunda sub-bacia, a da Baía de Paranaguá, apresenta na área pesquisada como principais os rios Saquarema, Jacareí, das Pedras, Piedade, Cachoeira e Brejatuba.

O sistema hidrográfico do Atlântico compõe um conjunto de bacias que de modo indiviso forma uma única e ampla planície, a Planície Costeira, em seus baixo cursos nos seus alto e médio cursos as bacias passam a ocupar espaços restritos, dois compartimentos distintos, definidos por BIGARELLA et. al. (1978) como “baixada litorânea e Serra do Mar”, ou seja, respectivamente zona de bacias indiferenciadas e áreas de bacias bem delineadas.

Nas escarpas de borda de planalto profundamente dissecado pelos vales dos rios Ipiranga, Marumbi, Pinto, e Arraial, nos quais as altitudes em suas linhas de talvegue chegam a apresentar um gradiente de mais de 500 metros, em aproximadamente 2 km, esses vales alcançam desníveis de 1.300 metros em aproximadamente 8 km. Nestes segmentos ocorrem inúmeras cachoeiras e os vales não raro apresentam seções retilíneas escarpadas ou com gradientes superiores a 60% de declive, contrastando com as planícies a jusante onde os cursos retilíneos passam a meandrar em superfícies quase planas que, mesmo junto às áreas de contato com o piemonte, não ultrapassam 20m a.n.m.

Na porção sudoeste e leste registra-se ainda um tipo diferenciado de drenagem constituída por *marigots* (MAACK, 1968) e que tem suas nascentes na Serra da Prata.

O sistema da baía de Paranaguá, para onde converge a drenagem Atlântica, exhibe, conforme BIGARELLA et. al. (1978), uma circulação particular determinada pelas marés, em especial uma maré secundária de semiperíodo de 3 horas, verificada quando o ciclo lunar se afasta das sizíguas e se aproxima das quadraturas formando uma verdadeira maré que inverte a circulação.

A faixa das antigas restingas, apresenta aspecto pantanoso, em parte relacionado a própria morfologia associada a lagunas lineares, que intercalavam os cordões que passam a abrigar o sistema fluvial local. Este, após transgressões marinhas posteriores, que erodiram parte dos antigos cordões, e acomodação do nível do mar em cotas menores, favoreceu a

formação dos vales de restinga e o espalhamento e preenchimento desses por depósitos aluviais, aos quais associam-se ainda a faixas de barramento de suas saídas por novos conjuntos de restinga, sujeitando os antigos feixes de restinga a um processo de afogamento.

A esse respeito ANGULO (1992), por meio de trabalho com fotointerpretação, registrou no litoral paranaense a existência de um sistema de drenagem que dissecou a planície costeira com cordões litorâneos mais antigos, sistema esse evidenciado pela formação de lagunas e pelo encontro da planície com cordões mais novos.

### 3.2.3 Geologia e Aspectos Tectônico Estruturais

Geologicamente a região faz parte do setor meridional da Província da Mantiqueira, mais precisamente do compartimento denominado maciço de Joinville (ALMEIDA e HASUI, 1984), constituído principalmente por gnaisses de fácies granulito e anfibolitos, migmatitos e seqüências ultramáficas, recortados por diversos tipos de rochas cataclásticas, intrusões granitóides, diques de composição e idades variadas, parcialmente recoberto por seqüências vulcânicas e sedimentares de cobertura. As rochas deste maciço regionalmente possuem idades desde o Arqueano, localmente Paleozóico Inferior conforme levantamentos da MINEROPAR (1986, 1989). Tais rochas da região leste do Paraná estão entre as mais antigas e deformadas do Estado. São rochas de natureza ígnea e metamórfica que em conjunto constituem o Embasamento Cristalino.

O leste paranaense e a porção sul do Primeiro Planalto apresentam o “Complexo Gnáissico Migmatítico, do Pré-Cambriano Indiviso” (CPRM., 1977), constituindo o embasamento por rochas de elevado grau de cristalinidade, representadas principalmente por migmatitos, dos quais diferenciam-se entre homogêneos (embrechitos predominantemente) e heterogêneos (epibolitos predominantemente).

Migmatitos que, segundo FUCK et al. (1969), “ocupam a dorsal principal da orogênese, ... cujas estruturas foram quase inteiramente obliteradas pelos processos de sialização ... onde ocorrem núcleos granitizados... separados entre si, no rumo N-S, por estrutura alongada tipo “graben” constituída de xistos, quartzitos e gnaisses, da superestrutura é uma notável zona de fraqueza ao longo da qual produziram várias fases de reativação tectônica, conforme atestam a brechação e milonitização das rochas”.

Localmente na área serrana os migmatitos encontram-se associados a gnaisses, quartzitos e permeados por granitóides (MINEROPAR, 1989), que cortam a área discordantemente por intrusões de granitos alcalinos e subalcalinos (FUCK et al., 1969), ambos atravessados por diques, sendo os mais antigos de microgranitos de idade paleozóica Ordoviciano e os mais recentes constituídos por rochas intrusivas básicas predominantemente de diabásio de idade mesozóica Jurássico-Cretáceo (CPRM, 1977). Sobre o mesmo embasamento nas áreas planáltica e planície costeira seqüências de natureza sedimentar completam o quadro geológico local e regional, que está sintetizado na tabela a seguir. (Tabela 3.1)

**Tabela 3.1: Síntese geológica.**

Era	Período	Grupo	Formação	Litologia
Cenozóico	Atual e sub-atual		Aluviões superficiais	Depósitos orgânicos (turfas) argilas areias e cascalhos
	Holoceno		Boqueirão	Terraços Aluviais areias e cascalhos
	Pleistoceno /Holoceno		Tingüis	Colúvios, Argilitos, arcósios, margas, areias e cascalhos
	Plio-pleistoceno		Guabirota Alexandra	Argilitos, arcósios, margas, areias e cascalhos.
Mesozóico	Cretáceo Jurássico			Diques de diabásio
Paleozóico	Cambriano		Guaratubinha	Riolitos, andesitos, siltitos, arenitos e conglomerados
				Granitos alcalinos e subalcalinos, sienitos e alaskitos
Proterozóico	Proterozóico Superior	Granitóides		Granitos gnáissicos, de anatexia
	Proterozóico Inferior	Complexo Pré Setuva		Migmatitos bandados, gnaisses fitados e oclares, quartzitos à magnetita

Dados adaptados de MINEROPAR (1989) e BECKER(1982)

Essa complexa litoestratigrafia apresentada na Tabela 3.1 tem sua estrutura condicionada por eventos da tectônica, os quais propiciaram falhamentos e dobramentos de diferentes espécies (normal, inverso, transcorrente, cavalgamento, entre outros), além da moldagem de anticlinais e sinclinais expressivas, em muitos casos, determinantes do empilhamento dos diversos aportes litológicos regionais. (ALMEIDA e HASUI, 1984).

A esses aspectos estruturais BIGARELLA (1953) atribuiu uma maior complexidade ainda: a Serra do Mar, onde relacionou as linhas gerais de sua morfologia a um sistema complicado de falhamentos em blocos em degraus, ocorridos no Terciário.

Considerando o Mapa Geológico do Estado do Paraná, (MINEROPAR, 1989), a área em discussão em face das diferenças litoestratigráficas pode ser dividida em quatro partes fundamentais. A primeira é representada pelos terrenos Proterozóicos formados, respectivamente, pelas rochas do Complexo Pré-Setuva e dos Granitos Gnáissicos ou Granitóides mais antigos e Suite Granítica Folhada; a segunda é constituída pelos Granitóides alcalinos; a terceira, pela Formação Guaratubinha; e a quarta, pelas formações sedimentares continentais e costeiras cenozóicas (Formação Guabirotuba e Formação Alexandra, e seqüências quaternárias e holocênicas mais recentes), destacando-se ainda a presença das Intrusões Mesozóicas.

#### Seqüências Proterozóicas

Conforme levantamentos da MINEROPAR (1986), localmente são representadas por dois grupos, o Complexo Pré-Setuva e os Granitóides:

Complexo Pré Setuva: Complexo Gnáissico-Migmatítico situado na porção sul da Região Metropolitana de Curitiba, é constituído por rochas migmatíticas bandeadas, gnaisses fitados e oclares, quartzitos a magnetita; representam a seqüência litológica mais antiga do Complexo Cristalino referida como Proterozóico Inferior (MINEROPAR 1986, 1989).

A área em questão apresenta alta complexidade, quer do ponto de vista litológico, quer do ponto de vista estrutural. Nela ocorrem numerosas falhas dispostas segundo um sistema ortogonal.

Os migmatitos apresentam elevado grau de metamorfismo desenvolvido em diversos ciclos orogenéticos. Eles são considerados como as rochas mais antigas da área (BATOLA Jr. et al., 1977).

De acordo com FUCK, TREIN e MARINI (1967), são encontrados dois tipos de migmatito: os heterogêneos e os homogêneos. Os migmatitos homogêneos compreendem embrechitos e anatesitos, enquanto os heterogêneos são classificados em epibolitos, diadisitos e agmatitos. Os migmatitos estão também associados a numerosos corpos de xistos magnesianos, anfíbolitos e quartzitos.

### Granitóides alcalinos

Intrusões de granitos alcalinos e subalcalinos do período Cambriano distinguidos pelos granitos; fazem parte do grupo de rochas que compõem os principais núcleos centralizados no eixo de maior desenvolvimento da Serra do Mar no território paranaense, mais antigas da região, ou seja, dos terrenos Proterozóicos mais precisamente do Proterozóico Superior, MINEROPAR (1986, 1989).

Granitos Gnáissicos: Parte das intrusões granitóides encontrada nos braços localizados nas serras que ladeiam a baía de Paranaguá, e maciço junto aos divisores da área planáltica localmente drenada pelo rio Arraial, distinguem-se os granitos gnáissicos de anatexia, que fazem parte do grupo de rochas mais antigas da região, MINEROPAR (1986, 1989).

### Formação Guaratubinha

Trata-se de uma cobertura sedimentar dobrada de plataforma, segundo FUCK et al. (1969), constituída em fossas tectônicas restritas e isoladas, resultantes de um acentuado tectonismo quebrado com manifestações de vulcanismo variado, que, embora apresente remanescentes bastante localizados, possivelmente seja um prolongamento do Grupo Itajaí, que ocorre um pouco mais ao sul no Estado de Santa Catarina. A formação é caracterizada pela sedimentação “clástica grosseira e fina freqüentemente conglomerática ... essa formação corresponde ao fecho da orogênese, sendo depositado em fossas tectônicas, após o soerguimento das cadeias principais, cuja erosão forneceu os detritos que as constituem”.

FUCK, MARINI e TREIN, 1967) identificam um conjunto constituído de rochas sedimentares e vulcânicas ácidas e intermediárias (decorrentes de mais de uma fase de atividade vulcânica ácida, a Formação Guaratubinha intercalada com depósitos clásticos) repousando em discordância angular sobre os migmatitos e granitos Pré-Cambrianos. Informações confirmadas em MINEROPAR (1986, 1989). As rochas sedimentares compreendem, principalmente, conglomerados, arcósios, siltitos e argilitos. Já, a seqüência de rochas vulcânicas ácidas é composta por brechas vulcânicas, tufos vulcânicos e lavas riolíticas, e as rochas vulcânicas intermediárias são de lavas andesíticas, em relevo bastante acidentado quando as amplitudes ultrapassam os 500 m a.n.m.

A Formação Guaratubinha constitui seqüência “tardi-orogênica depositada em uma bacia, porém afetada pelas últimas oscilações e deformações da orogênese” (FUCK et al., 1969), associados a magmatismos tardios dentro da evolução do “Geossinclínio Paraíba”,

(FUCK, MARINI e TREIN, 1967) a qual aflora a sudoeste da área, na região da Serra do Mar, localmente conhecida sob a denominação Serra Ponta do Campo.

A idade e posição estratigráfica da formação Guaratubinha são desconhecidas, podendo apenas ser inferidas. A identidade litológica e estrutural, e considerações tectônicas e estratigráficas regionais sugerem a correlação com grupos Eo-paleozóicos Castro e Itajaí, que ocorrem, respectivamente, nos Estados do Paraná e Santa Catarina (FUCK, MARINI e TREIN, 1967).

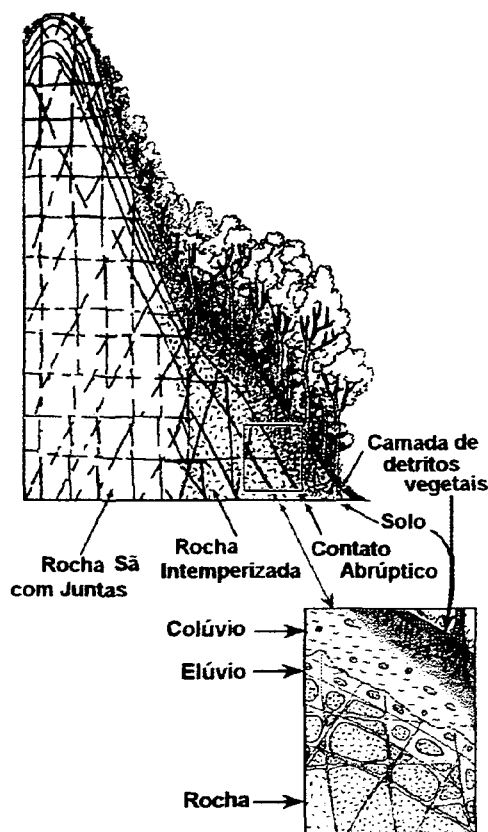
Quanto à idade da Formação Guaratubinha, originalmente admitida como compreendida entre o Pré-Cambriano Superior e o Devoniano Inferior (FUCK, MARINI e TREIN, 1967), provisoriamente considerada Eopaleozóica (cambro-siluriana) (FUCK et al., 1969), mais recentemente foi enquadrada como do Pré-Cambriano Superior (MINEROPAR, 1986-1989).

Após a estabilização dos processos que originaram a formação Guaratubinha, a região passou a compor uma ampla plataforma onde se sucederam as deposições “devonianas” e “gondwânicas”, acompanhando lenta subsidência dessa plataforma, que teve seu clímax epirogenético positivo no Jurássico e Cretáceo, quando os processos evolutivos de dobramento propiciaram a toda região um suave arqueamento (arco de Ponta Grossa), o qual atingiu todo o complexo cristalino e sedimentar, desenvolvendo “um sistema de fraturamento tipicamente germanótipo” e originando um grande sistema de fendas, nas quais ascenderam e se formaram os diques de diabásio e diorito (FUCK et al. 1969).

As fraturas relacionadas ao cisalhamento das rochas especialmente associadas ao sistema de juntas (horizontal, vertical e oblíquas) provenientes de descompressão tectônica e ou relacionadas a processos de denudação, têm papel físico no desenvolvimento das encostas e solos, determinadas pela relação entre as características de resistência ao intemperismo da rochas e taxa de denudação. As encostas mais íngremes e geralmente elevadas, mesmo com finos mantos de decomposição, em face da existência das referidas juntas, (vide Figura 3.3) passam a ser suscetíveis a deslizamentos do tipo corrida de massa com predomínio de blocos semidecompostos, quando a ação da decomposição química a longo dessas juntas produz, mesmo em pequena espessura, material que quando saturado pela precipitação serve como lubrificante favorecendo os referidos deslizamentos. (BIGARELLA e BECKER, 1975).

Segundo os mesmos autores, foi possivelmente no Cretáceo Superior e Médio, durante fases subseqüentes de tectonismo rígido, na retomada de antigas linhas estruturais, de

modo mais pronunciado na Serra do Mar e litoral, que se definiu a macro-compartimentação morfológica atual da região, com a formação dos diversos patamares nos núcleos montanhosos e o afundamento da porção litorânea e que também condicionaram o estabelecimento da bacia de Curitiba, onde se sucederam posteriormente os eventos de natureza morfoclimática, responsáveis pelo reafeiçoamento dessas paisagens e das deposições Cenozóicas correlativas a seguir descritas.



**Figura 1-3. Estrutura esquemática do sistema de juntas e relação com o intemperismo.**

O manto de intemperismo sob a Floresta Ombrófila Densa Montana e Alto Montana é geralmente maior em declives menores, no entanto o sistema de juntas permite ainda que de forma localizada a ação do intemperismo químico mesmo em áreas de afloramento rochoso, onde sua ação combinada com a gravitacional em momentos de elevada precipitação pode favorecer a ocorrência de deslizamento de blocos. (Adapt. BIGARELLA e BECKER, 1975).

### Depósitos Cenozóicos

Localizados em grande parte no Primeiro Planalto (Planalto de Curitiba), esses depósitos ocupam um espaço elaborado numa extensa “zona de eversão escavada entre a Serra do Mar e a escarpa formada a oeste de sedimentos da bacia do Paraná” (limite do Segundo Planalto), onde se registram as ocorrências de superfícies de erosão identificadas por ALMEIDA (1952) e AB’SABER e BIGARELLA (1961); que, respectivamente, as



denominaram de Superfície do Alto Iguaçu (Terciário Médio) e Superfície de Curitiba (Plio-pleistoceno).

#### Formação Guabirotuba

O embasamento é parcialmente recoberto por seqüências sedimentares mais recentes localizadas na depressão periférica da borda oriental da bacia do Paraná, localmente identificada na Superfície de Curitiba, preenchida por antigos depósitos do tipo “*bolson plain*” - formação Guabirotuba de idade plio-pleistocênica AB’SABER e BIGARELLA (1961), recobertos por sedimentos mais recentes de natureza colúvio-aluvial a Formação Tingüis (BECKER, 1982 ) e por aluviões holocênicos.

Segundo BIGARELLA e SALAMUNI (1959), os depósitos da Formação Guabirotuba atingem espessuras máximas da ordem de 60 a 80 metros na porção central da bacia curitibana. Depósitos que compreendem seqüências litológicas diversas nas quais predominam argilitos e areias arcossianas, e eventualmente em áreas reduzidas são verificados depósitos rudáceos. Frequentemente junto aos sedimentos referidos como margas são registradas impregnações de carbonato de cálcio (caliche), formações carbonáticas que contêm enriquecimentos de minerais do Grupo das Terras Raras. As soluções contendo terras raras procederam das áreas de intemperização das rochas graníticas situadas a leste e nordeste da Bacia de Curitiba, bem como poderiam ter procedido das áreas graníticas situadas ao norte e noroeste da região de distribuição dos Grupos Setuva e Açungui, conforme indica a resultante de estratos cruzados. (SUGUIO e BIGARELLA, 1979)

Conforme BECKER (1982), a formação Guabirotuba apresenta as seguintes características:

- ⇒ Os sedimentos arcossianos que possuem de 20 a 40% de feldspatos apresentam uma estratificação incipiente, às vezes entrecruzada. Como essa em geral é bem definida, não foi possível determinar com maior precisão o padrão de drenagem da Formação Guabirotuba onde, se observa uma tendência de o transporte ter-se efetuado para o leste ou sudeste. “As camadas arcossianas apresentam-se em formas tabulares e muitas vezes lenticulares, via de regra, elas alternam-se com as camadas de argilito.”
- ⇒ Os depósitos rudáceos muito raros no pacote sedimentar geralmente são encontrados na base da seções estratigráficas na periferia da bacia e estão ausentes nas porções

centrais da mesma. Os argilitos por sua vez são os mais importantes nas áreas centrais e menos proeminentes nas áreas periféricas da bacia.

⇒ Na parte superior da Formação Guabirotuba, com estruturas sedimentares características representando alternâncias de camadas arcossianas e argilitos, as areias arcossianas apresentavam estruturas entrecruzadas e tabulares, enquanto os argilitos ocorriam em lentes ou ostentavam interdigitações com as areias arcossianas. As areias arcossianas também apresentam camadas argilosas.

⇒ O conjunto achava-se normalmente recoberto por mais de uma unidade de natureza coluvial.

#### Formação Tingüis

A divisão da Formação Guabirotuba, proposta por BECKER (1982), é representada por duas unidades distintas: a de coloração cinza-esverdeada caracteriza a unidade inferior e a avermelhada, típica da unidade superior, e são separadas por discordância erosiva. A unidade inferior corresponde à Formação Guabirotuba “sensu stricto” descrita por BIGARELLA e SALAMUNI (1962). No novo conceito, não estão incluídas as camadas avermelhadas, ora englobadas na Formação Tingüis (unidade superior).

A sequência sedimentar correspondente à unidade superior, designada Formação Tingüis, depositada durante épocas de semi-aridez, é constituída da sequência de sedimentos arenosos, arcossianos e siltico-argilosos, sendo correlacionada com a Formação Riacho Morno do Grupo Barreiras e a Formação Pariquera Açu do Vale do Ribeira.

Portanto, a designação Formação Tingüis propõem-se a ser extensiva a todos os depósitos formados durante os processos que elaboraram os níveis de erosão Pd1, P2 e P1.

A época da erosão anterior ao Pd1, referida como Guatupense (BIGARELLA et al., 1975), promoveu, sob condições de clima úmido, a dissecação vertical do terreno, cortando os sedimentos da Formação Guabirotuba e o manto de intemperismo existente sobre o Complexo Cristalino, formado principalmente pelos migmatitos.

Segundo BECKER (1982), com o advento das condições de semi-aridez que culminaram com a formação do Pd1 (época Curitibana), “as depressões do terreno foram entulhadas com sedimentos que também extravasaram nos interflúvios, dando origem à sequência mais antiga da Formação Tingüis” (1982). Nos sucessivos ciclos erosivos subseqüentes à dissecação vertical, a autora relaciona pelo menos duas épocas: Umbaraense I e

Umbaraense II, como retornadas de clima úmido “senso latu”. Quanto aos ciclos de pedimentação P2 e P1, que respectivamente, denominou épocas Catarinense e Garuense, contribuíram para a deposição das várias seqüências da Formação Tingüis.

#### Formação Alexandra

Na porção oriental constituída pela planície litorânea, as formações pré-cambrianas são igualmente recobertas por sedimentos continentais da formação Alexandra, denominação proposta por BIGARELLA (1959); de idade plio-pleistocênica, além dos recentes depósitos de taludes, terraços e rampas colúvio-aluvionares, depósitos flúvio-lagunares e marinhos quaternários, bem como os aluviões e depósitos marinhos holocênicos, (MARTIN et al., 1988).

Segundo BIGARELLA (1965), foi notável o desenvolvimento dos processos de pedimentação ao longo das fases glaciais, quando o mar apresentava um nível de 100 metros abaixo do atual, favorecendo o desenvolvimento dos referidos pedimentos ao longo de uma linha de costa bem mais ampla (da ordem de algumas dezenas de quilômetros) que a, faixa atual ainda que por vezes muito instável em face das constantes mudanças do nível do oceano. São fatos que certamente propiciaram o retrabalhamento e a dissecação de grande parte da superfície de ocorrência dos depósitos da Formação Alexandra.

A Formação Alexandra, segundo BIGARELLA, SALAMUNI e MARQUES (1959) é constituída por sedimentos muito semelhantes à Formação Guabirotuba anteriormente descrita, sendo portanto provavelmente depositados nas mesmas condições de clima semi-árido (FUCK et al., 1969).

Os depósitos da Formação Alexandra, segundo ANGULO (1992), apresentando elevado grau de intemperismo, ocorrem em colinas niveladas topograficamente em torno de trinta metros, superfície que nivela igualmente as elevações constituídas de rochas do embasamento cristalino, composto de areias arcossianas, lama e eventuais cascalheiros.

Sendo considerada afossilífera e datada por correlação, a superfície de pedimentação Pd<sub>1</sub> contemporânea à Formação Guabirotuba (BIGARELLA e AB’SABER, 1964; FUCK et al. 1969), é ligeiramente mais antiga que a Formação Iquererim porém ambas colocadas cronologicamente como de idade pleistocênica (BIGARELLA et al. (1965) e a primeira elevada ao Plio-pleistoceno em face da reavaliação da própria Formação Guabirotuba (BECKER, 1982), no entanto, com a recente descoberta de conteúdo palinológico com espécies de valor estratigráfico em camada linhítica por LIMA e ANGULO (1990), essa

formação teve sua idade elevada como intermediária do Mioceno, ou seja, Mioceno Médio ao mesmo tempo em que consideram por evidências morfológicas a Formação Iquererim de idade Plio-pleistocênica.

#### Depósitos da Planície Aluvial Litorânea

Identificados como uma unidade de “Sedimentação Terrígena” por BIGARELLA (1946), apresenta-se como tabuleiros planos com desenvolvimento para o interior da planície litorânea (11 m acima do nível do mar em Morretes). Situam-se ligeiramente elevados em relação ao leito menor dos principais rios de cursos meandantes (que apresenta geralmente seu leito arenoso com seixos) e constituem o leito maior dos referidos cursos, portanto sujeitos a inundações; entremeados de pântanos e brejos, têm como principais materiais constituintes depósitos de granulação fina com grande porcentagem de argila.

#### Antedunas e Dunas

Trata-se dos depósitos de natureza eólica, areias finas e uniformes, que na região compõem duas faixas distintas paralelas à linha de praia.

A primeira com montículos, que, a partir da praia em sentido ao interior da planície litorânea, adquirem maior porte 3 a 4 m (BIGARELLA, 1946), avança sobre a restinga, soterrando a sua cobertura; tem o formato de cunhas diferindo das que em nosso litoral encontram-se estabilizadas pela vegetação. Esses montículos móveis e com morfologia pouco desenvolvida em face de suas características dinâmicas são classificados como antedunas.

A segunda faixa a de dunas propriamente ditas pode ser facilmente diferenciada pelo seu porte, o qual embora não alcance as dimensões das encontradas mais ao sul em território catarinense, onde as dunas atingem 30 m de altura, apresentando localmente em média 7 m (BIGARELLA, 1946), em forma de cordão, são estruturas eólicas típicas desenvolvidas sobre a restinga, como foi anteriormente mencionado encontram-se cobertas por uma vegetação típica que garante sua estabilidade, ao mesmo tempo em que prejudica sua análise por destruir sua estrutura interna.

#### Mangues e Baixios

Ambiente de sedimentação do interior estuarino da baía de Paranaguá, descrito pela primeira vez como unidade geográfica geológica por BIGARELLA (1946), mais recentemente denominada de planície de maré (ANGULO, 1990). Trata-se de depósitos em bancos arenosos

e areno-argilosos recobertos de lama e lodo ricos em matéria orgânica recentemente sedimentados nas zonas de inundação regular das marés em águas calmas da baía e foz dos principais rios; constituem os mangues aos quais se associam os ecossistemas denominados manguezal.

Segundo ANGULO (1992), o conjunto da planície de maré, apesar de ser predominantemente mangue por apresentar em sua dinâmica de sedimentação diferenciada em função de forte relação com a cobertura e níveis de maior ou menor recorrência de emersão em face do ritmo das marés regulares e das excepcionais e da ação da dinâmica fluvial. O autor diferencia sete ambientes associados à planície de maré: 1- manguezal; 2- marismas; 3- bancos arenosos e areno-argilosos; 4- manguezal com *Acrostichum* e *Hibiscus*; 5- zona de *Cladium*; 6- pântano de maré; 7- brejo de maré; sendo:

1- Manguezal, aquelas áreas da planície de maré de inundação regular das marés em águas calmas da baía e foz dos principais rios onde há sedimentação de material siltico-argiloso e muito ricos em matéria orgânica (MARTIN et al., 1988), estabilizados em função da vegetação característica.

2- Marismas constituídas de areias muito finas, são de difícil interpretação em fotografias aéreas, sendo desse modo associadas aos bancos arenosos e areno-argilosos.

3- Bancos arenosos e areno-argilosos com variação textural freqüente e teores de matéria orgânica também muito variáveis e sedimentos argilo-arenosos com grânulos e seixos em situações muito próximas à serra. Com relação à presença de estruturas não há registro; aparentemente a ausência dessas deve-se à intensa bioturbação, dada a grande atividade bentônica nesses bancos.

4- Manguezal com *Acrostichum* e *Hibiscus* tem sua ocorrência associada a margens de rio e próximo a sua desembocadura na porção mais interna da baía; observa-se que há apenas o registro dessa ocorrência na baía de Guaratuba -PR, porém dadas as similaridades acredita-se ser presente de igual forma na baía de Paranaguá -PR.

5- Zona de *Cladium* é a zona que bordeja os terraços dissecados das restingas, onde a freqüência de inundação pelas marés é bem menor que as do manguezal, apenas as marés de sizígia e de tormenta. Dominada pela vegetação a qual serviu para sua denominação, ou seja, o *Cladium jamaicense*, apresenta uma faixa variável de poucos metros a mais de duas centenas

de metros onde ocorre um desnível de aproximadamente 30 cm, em cuja porção inferior é praticamente desprovido de vegetação.

6- Pântano de maré nas faixas de áreas onde ocorre intenso aporte fluvial na Zona de Cladium

7- Brejo de maré áreas pantanosas onde ocorre intensa ação das marés.

#### Restingas e Terraços marinhos

Morfologia própria de cordões alternados da restinga observável a grandes distâncias como as registradas em imagens orbitais obtidas pelo satélite Landsat TM. Conforme registro efetuado por BIGARELLA (1965), a seqüência de feixes de restinga originados na justaposição de cordões litorâneos deve ter sido acentuada talvez pelo adelgaçamento de dunas que sobre os mesmos tivessem existido; fenômeno que, segundo o autor, teve lugar sob a vigência de clima mais seco com precipitações concentradas onde a perda da cobertura vegetal pela aridificação facilitaria nos eventos de enxurrada o adelgaçamento completo das dunas com a destruição de sua estrutura primária.

SUGUIO e TESSLER (1992), com base no que consideraram “evidências incontestáveis deixadas por diversas fases transgressivas quaternárias, que foram muito importantes na evolução das planícies costeiras brasileiras” relacionam a maior parte das formações sedimentares superficiais da planície costeiras. Registradas em mapeamento sistemático dos depósitos sedimentares da planície costeira nos Estados do Paraná e Santa Catarina e em datações de amostras pelo método do radiocarbono, mudanças de nível relativo do mar, especialmente nos últimos 7.000 anos, e informações representadas por evidências sedimentológicas, biológicas e arqueológicas, são apontadas em inúmeros estudos, dentre os quais destacam-se os efetuados na região paranaense e catarinense por BIGARELLA e FREIRE (1960); BIGARELLA (1965); BIGARELLA (1971); MARTIN e SUGUIO (1986), MARTIN et al. (1986), SUGUIO et al. (1986) ANGULO (1992).

As restingas são constituídas de sedimentos inconsolidados de origem marinha e natureza arenosa que compreendem as areias quartzosas, apresentando uma típica morfologia de feixes paralelos e subparalelos à linha de praia atual. São associadas, conforme BIGARELLA (1946) a três fases de regressão marinha recente, interrompidas por duas transgressões marinhas, sendo: a primeira fase relacionada aos feixes semi-arrasados de direção

NE-SW, a segunda faixa de 2 a 4 km recorta o primeiro conjunto em ângulo de 10 a 15° em média e a terceira fase menos importante recorta os dois primeiros conjuntos irregularmente, que em geral são transversais às anteriores.

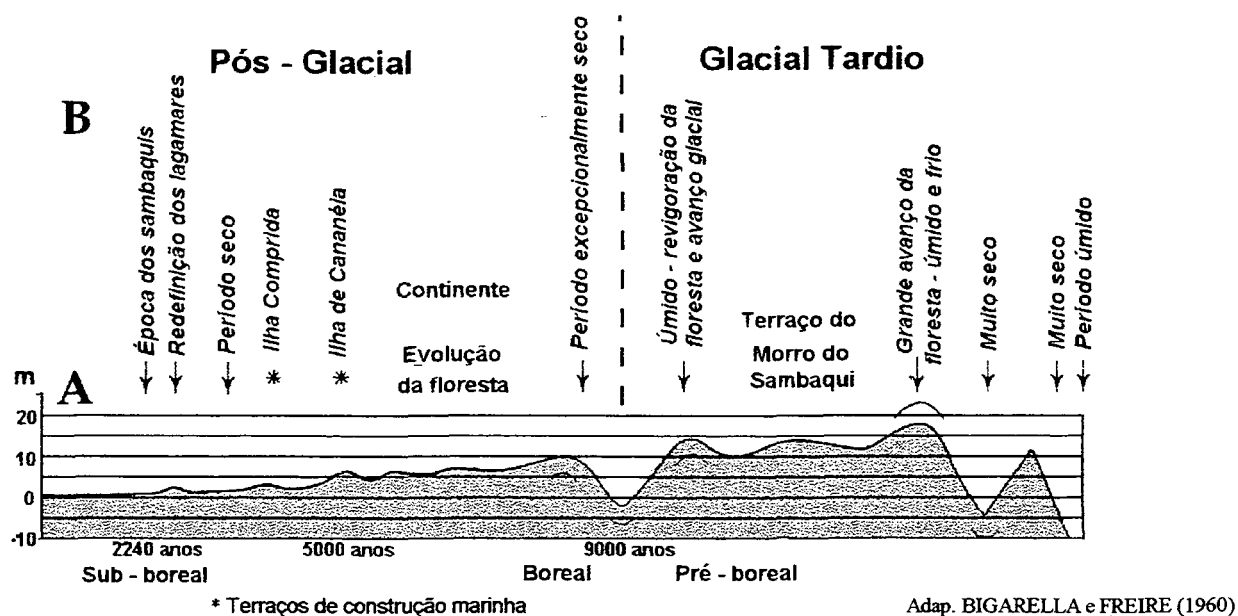
Em períodos interglaciais ocorreram transgressões marinhas, registradas em forma de terraços dos quais os mais antigos, identificados por BIGARELLA e FREIRE (1960), no Morro do Sambaqui em Matinhos - PR alcançaram 9 a 11 m a.n.m. sucedidos por terraços mais recentes de 5 a 7 m a.n.m., 3 a 4 m a.n.m. frequentemente encontrados no litoral paranaense.

Conforme BIGARELLA (1965), os referidos terraços marinhos, geralmente abaixo de 12 m a.n.m. atual, são sobrepujados por algumas formações mais antigas como a registrada na Ilha do Mel, que alcança os 22 m a.n.m. e que estão relacionadas a antigas dunas, dado a sua estrutura. Em decorrência das subseqüentes flutuações do clima, os referidos terraços sofreram dissecação originando depressões ao longo dos feixes de restingas onde se instalaram-se “*marigots*”, conferindo um aspecto pantanoso à costa, onde se concentram os depósitos argilosos e se desenvolve o mangue na área continental.

Em estudo de cascalheiro no litoral do Estado ligeiramente ao sul da área presentemente abordada, BIGARELLA e FREIRE (1960) fazem uma tentativa de datação por correlação dos deslocamentos de linha de praia em face das citadas transgressões marinhas, baseados em estudos minuciosos efetivados por AUER (1959) no litoral sul do continente, cuja estabilidade geológica é similar ao litoral sul brasileiro, sendo portanto perfeitamente correlacionáveis. Tais dados sugerem que os referidos terraços encontrados entre os morros do Escalvado e do Sambaqui, em Matinhos a 13m de altitude, teriam sido depositados na última fase transgressiva do glacial tardio, cujo limite foi estabelecido em 9.000 anos (Figura 3.4), onde estratigraficamente ficou estabelecida a posição desses depósitos em período pós-elaboração da superfície de construção da antiga planície gradacional denominada Formação Alexandra. Foram desenvolvidas no sentido do mar em momento em que o nível do oceano se encontrava muito mais baixo, sendo que tais superfícies têm os pontos mais elevados entalhados em colinas a 27 e 30 m a.n.m. de idade possivelmente Plio-pleistocênica.

Além dos depósitos das formações plio-quadernárias, SUGUIO e TESSLER (1992) identificam depósitos marinhos correlativos a dois paleoníveis do mar, bem mais antigos, representados por terraços arenosos ou cascalhosos um dos quais com altura acima de 13 m

a.n.m. estudado anteriormente e originalmente identificado BIGARELLA e FREIRE (1960). Tais depósitos foram relacionados, mais tarde a um nível marinho pleistocênico por BIGARELLA (1976), sendo estimados com idades aproximada de 120.000 anos A.P., determinados apenas em amostras basais da penúltima transgressão relacionada ao estágio interglacial Sangoniano ( Riss/Würm) na planície costeira da Bahia. Embora bem preservadas, essas superfícies em Paranaguá não fornecem material para datação pelo método Io/U e os troncos fossilizados encontrados na base dessas superfícies indicam idades que estão acima da capacidade de datação pelo método radiocarbono, podendo sua idade ser relacionada aos estágios Yarmonthiano (Mindel/Riss) e Aftoniano (Günz/Mindel) reportados ao Pleistoceno Médio e Inferior, dando idade relativa aos níveis mais antigos em torno de 120.000 anos A. P.



**Figura 1-4 - Curva dos movimentos estáticos do nível do mar:**

Resumo da tentativa de correlação efetuada por Bigarella e Freire, para os vários eventos observados no litoral sul brasileiro adaptada, com base em dados deduzidos por AUER<sup>2</sup>.

BIGARELLA (1965) relaciona a base das planícies de restinga sub-atuais à última transgressão de pequeno porte, quando o mar esteve 1 a 2 m acima do nível atual e quando os sambaquis tiveram seu máximo desenvolvimento, conforme o diagrama (Figura 3.4), a possivelmente 2.240 anos. Conclui o autor que como a maior parte dos sedimentos foi erodida, da superfície original da Formação Alexandra, decorre de fases anteriores, que sucederam ao término de elaboração do referido terraço que coincidiu ao final do Pleistoceno.

<sup>2</sup> AUER, Väinö The pleistocene of Fuego-Patagonia. Part III: Shoreline displacements, in Wissenschaftliche Ergebnisse der Finnischen Expedition nach Patagonien 1937-38 und der Finnischen - Argentinischen Expeditionen 1947-1953, 1957. Band IV. *Annales: Academiae Scientiarum Fennicae*, Helsinki.



Isto coloca as demais deposições, ou seja, as restingas, aluviões e mangues como de idades holocênicas.

Na faixas correspondentes à ocorrência de restingas, entre os cordões arenosos registram-se intercaladas com regularidade depressões rasas, estreitas e alongadas respectivamente, segundo ANGULO (1992), com largura inferior a 100 m e comprimento que pode atingir 13 km. Nessas depressões intercaladas aos cordões onde a drenagem é muito lenta, encontram-se áreas alagadas tipo brejos arenosos com abundante acúmulo de matéria orgânica. São associados a esses brejos algumas pequenas lagoas e pequenos cursos fluviais, os quais eventualmente contribuem com aporte de argila a essas depressões, quando suas nascentes provem de áreas fonte desse material.

Ainda relacionando variações no nível do oceano reportadas a eventos de variações climáticas no Quaternário, merece destaque junto a área pesquisada o tómbolo do morro de Caiobá (Matinhos-PR) que, segundo BIGARELLA (1971), revela um nível marinho 2 m acima do atual, e está datado em  $3.820 \pm 120$  anos A.P.; em mesmo estudo ainda são identificadas e datadas de modo absoluto mais duas transgressões marinhas sendo: a mais recente revelada em praia suspensa junto a baía de Laranjeiras na localidade de Saco da Tambarutaca, próxima a Paranaguá, e que caracteriza um nível marinho 1,5 metros acima do atual com fragmentos de madeira em sua porção basal revelam uma idade de sua deposição de  $2.675 \pm 150$  anos. Reportando a um período anterior e a um nível marinho ligeiramente inferior, ou seja, um metro acima do nível atual, depósitos conchíferos de ambiente lagunar de águas salobras (atualmente totalmente colmatado e identificado como área pantanosa visível com bastante clareza mesmo em imagens de satélite), encontrados próximos à Serra da Prata, revelam idade de  $5.690 \pm 200$  anos. Tais eventos são relacionados a períodos de clima mais quente e úmido que o atual.

Foi nesse último período que, conforme BIGARELLA (1991), “com o recuo das geleiras verificou-se uma umidificação generalizada do clima. Durante o interglacial mais quente e úmido (ótimo climático) a cerca de 5.000 a 6.000 anos, que a extensão das florestas tropicais foi máxima”.

Tal expansão atingiu dimensões continentais (época em que a floresta amazônica ocupava o atual sertão semi-árido nordestino). A facilidade de expansão da floresta certamente foi favorecida por núcleos mantidos e como refúgios florestais preexistentes, que a

sua grande retração, em fase semi-árida e árida extensiva a todo continente sul-americano em época correlata à glaciação ocorrida entre 13.000 e 18.000 anos antes do presente (BROWN E AB'SABER, 1979) - vide figura 2.1, página 12. Esse período é relacionado à fase de pedimentação generalizada, quando as superfícies aplainadas resultantes avançaram em direção leste, desse modo distribuindo materiais sedimentares continentais, que posteriormente foram dissecados e sotopostos por depósitos marinhos e continentais mais recentes, uma vez que o nível de base do mar que encontrava-se 100 metros abaixo do atual. Tais eventos foram sucedidos, ainda, por ciclos de menor duração, que completam o complexo quadro evolutivo geológico da região em questão.

#### Tálus, leques aluviais e colúvies

Sedimentos característicos dos flancos e sopés da Serra do Mar apresentam-se lateralmente interdigitados e misturados. Sendo os tálus os depósitos transportados pela ação da gravidade, são constituídos de blocos emersos em pacote sedimentar, produto do intemperismo nas encostas escarpadas adjacentes com significativo conteúdo argilo-arenoso. Formados por lençóis de torrentes, os cones de dejeção apresentam composição similar ao tálus. Nas vertentes suaves interdigitadas com aluviões das planícies em forma de rampas suaves ocorrem os depósitos provenientes de corridas de massa, os colúvio e colúvio-alúvios. Os depósitos sedimentares têm igualmente ocorrência no planalto onde os depósitos de tálus tem menor desenvolvimento e estão restritos a pequenas áreas nas encostas ocidentais da Serra do Mar.

#### Planícies aluviais do Primeiro Planalto

Trata-se de depósitos predominantemente siltico-argilosos, resultantes dos processos de solifluxão e inundação mais recentes da bacia de Curitiba e “correspondem as extensas várzeas de inundação, as quais ainda atualmente estão em fase de elaboração”. Esses depósitos são sedimentados em consequência dos canais meandantes das grandes inundações que abrangem todo o leito maior (várzeas). Tais depósitos tem as variações de granulação, relacionadas as flutuações de competência em função do regime pluvial vigente. (BIGARELLA e SALAMUNI, 1962).

Sobre a superfície subjacente aos depósitos das várzeas ocorre uma camada arenosa grosseira estratificada sob um leito de seixos que varia de poucos decímetros até mais de um metro predominantemente de quartzo e quartzito, sub-angulares a sub-arredondados depositados diretamente sobre o embasamento intemperizado.

#### Paleopavimentos detríticos

Pavimentos descontínuos sotopostos aos horizontes atuais do solo a uma profundidade de 0,50 a 1,50 m, com pequenos seixos (2 a 5 cm) e fragmentos de quartzo e quartzito recobrem indistintamente o modelado das vertentes esculpidas sobre as diferentes litologias presentes na bacia de Curitiba adentrando as encostas serranas. Tais depósitos são relacionados a uma fase de erosão sub-atual, ou pouco mais antiga segundo BIGARELLA e SALAMUNI (1962), processada em “uma flutuação climática derradeira de um clima úmido ou sub-úmido para o clima seco ou semi-árido moderado e episódico.

#### 3.2.4 Clima

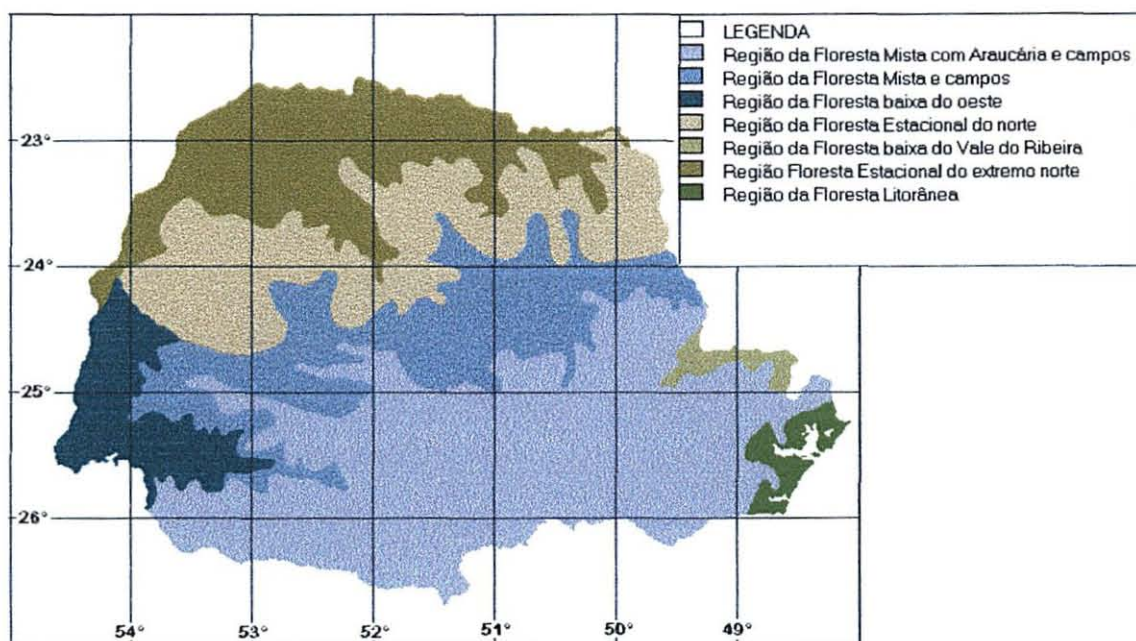
A área investigada, conforme estudo bioclimático do Estado do Paraná, efetuado por EMBRAPA (1986), compreende parte de duas regiões distintas, a região Centro-Sul e Litoral.

A Região Centro-Sul comporta áreas com altitudes predominantemente entre 650 e 1.100 m, coberta por campos submontanos e floresta ombrófila mista e latifoliada apresentando clima submontano, de acordo com classificação de Holdridge; temperado quente úmido e muito úmido, com temperaturas médias entre 15 e 19 °C e mínima absoluta de -5 a -10 °C, com 1 a 40 geadas anuais. A precipitação média anual com distribuição uniforme ou intermediária oscila entre 1.250 a 2.500 mm.

Integrantes da região classificada de Litoral, a planície até a cota de 500 m. na Serra, são enquadrados de acordo com classificação de Holdridge, como áreas de clima subtropical úmido e muito úmido, com temperaturas médias anuais entre 18 e 22 °C e mínima absoluta de -0,9 °C registradas em Morretes (59m.) com raras geadas. Apresentam precipitação com distribuição periódica, cuja média anual oscila entre 1.600 e 2.000 mm.

A serra propriamente dita portanto como faixa muito estreita, foi englobada nas mesmas, porém sob o ponto de vista bioclimático em face das características do relevo locais merece destaque como faixa de transição. Como tal é destacado em mapas por MAACK (1968) (Figura 3.5), e particularmente pelas constatações de RODERJAN (1994), que, pesquisando área situada na serra, dentre as diferenciações fitogeográficas, registra no nível

altomontano (1.400 m) temperatura média 1,4 °C inferior e a precipitação 100 mm. superior ao nível montano (1.200 m). Tais diferenças, indicadores da existência de uma faixa bioclimática de transição com temperaturas menores e precipitação maior, devem acentuar-se localmente em decorrência de fatores morfológicos locais.



**Figura 3-5: Regiões bioclimáticas do Estado do Paraná**

O quadro climático local é decorrente de fenômenos do clima que afetam todo o Brasil Meridional, cujas considerações meteorológicas e climáticas encontram-se sintetizadas por BIGARELLA et al. (1978), com base nos trabalhos de ANDRADE (1964); MAACK (1967, 1968); MONTEIRO (1968, 1969), e NIMER (1966); PEDELABORDE (1954); SANTOS (1965); SERRA (1955, 1956); SIMÕES (1954); do qual adaptou-se a descrição a seguir apresentada.

#### Sistemas de circulação e centros de ação atmosférica

As condições meteorológicas do Brasil Sudeste e Meridional são controladas por centros básicos de ação, (Figura 3.6), definidos por anticiclones subtropicais, anticiclone migratório e centros de baixa pressão.

A ação atmosférica desses centros é bastante dinâmica quanto a posição e intensidade ao longo do ano.

O sistema dos alísios, pouco atuantes na região, não é propriamente alísios que provêm de SE-E, mas sim uma variação sazonal denominada de alísios de retorno que atuam no verão.

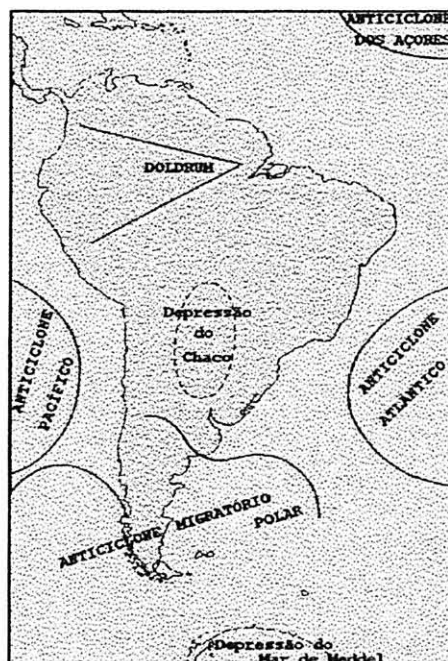
#### Massas de ar

Resultantes da combinação dos fatores geográficos, latitude, continentalidade e relevo (PEDELABORDE, 1954), originam-se nos centros de ação. A partir de sua origem essas massas adquirem suas propriedades físicas e dinâmicas, as quais se adaptam às características geográficas das superfícies percorridas à medida que ganham mobilidade e se deslocam.

No sistema circulatório brasileiro são constatadas massas de origens diversas, (Figura 3.6), e ao sul onde os centros de ação possuem maior mobilidade, em face do estreitamento do continente as massas marítimas têm maior participação no mecanismo de circulação regional. São dominantes a Tropical Atlântica no verão e no inverno a Polar Atlântica, a última, com frequência dirige-se para a costa montanhosa do Brasil massa Polar Atlântica no verão em face da redução de sua espessura, tem a passagem impedida pela referida Serra, quando então sofre transformações, as quais segundo BIGARELLA (1978), provocam aparentemente seu retorno ao sul como “Massa Polar Retrógrada”, ou ainda em se mantendo paralela à costa a frente dessa massa quando se torna-se estacionária, produz as máximas precipitações na Serra do Mar, conforme SANTOS (1965), (Figura 3.7).

A Frente Polar Atlântica, ramo da frente Polar, é dotada de grande mobilidade e atua o ano todo, sendo de grande importância no sistema de circulação aérea em todo o Brasil. Sua interferência no sistema extra e intertropical, tem sua maior intensidade no inverno.

Na Frente Polar Atlântica, distingui-se, ainda, uma ramificação secundária produzida na linha do Trópico de Capricórnio, denominada Frente Polar Reflexa, a qual separa o ar tropicalizado do ar antigo da frente Polar designado massa Polar Velha. Esta frente é significativamente mais evidente no litoral em face a orientação da costa e de seu sistema orográfico (Serra do Mar).



**Figura 1-6: Centros de ação básicos que definem as condições meteorológicas no Brasil Meridional e Sudeste, onde:**

- anticiclone subtropical do Atlântico Sul tem significado particular para região por provir desse a Massa tropical Atlântica, dominante no verão das porções Sudeste e Centro-Sul do país.
- anticiclone subtropical provindo do Pacífico o anticiclone só atua no inverno eventualmente acentua-se a frontogênese na Frente Polar Pacífica e que produz um reforço na Frente Polar Atlântica.
- anticiclone migratório Polar, atraído pelo gradiente térmico equatorial em seu ramo Atlântico tem ação destacada no Brasil meridional, individualizado pela Massa Polar.
- centros de baixa pressão Depressão do Chaco formada no verão atuando sobre o ramo interior da Frente Polar Atlântica
- centros de baixa pressão Depressão do Mar de Wendel quando reforçada pela Frente Polar auxilia na atração dos sistemas intertropicais em direção ao Polo Sul. (Adapt. NIMER, 1979).



**Figura 1-7: Massas de ar da América do Sul:**

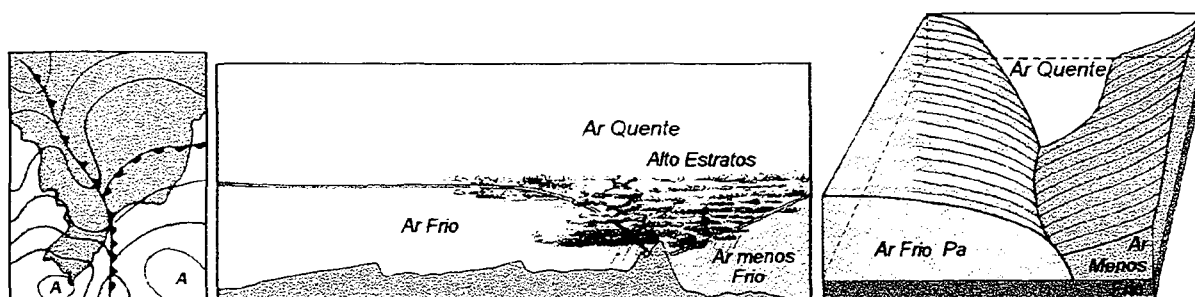
Ea = Equatorial Atlântica. Ec = Equatorial continental. Ep = Equatorial Pacífica. FIT = Frente intertropical. FPA = Frente polar atlântica Pa = Polar atlântica. Ta = Tropical atlântica. Tc = Tropical Continental. Tk = Tropical Tp = Tropical pacífica. (Adap. de Andrade in BIGARELLA et al. 1978).

A Massa Tropical Atlântica de origem quente e úmida, quando forçada a ascender pela ação da frente fria produz chuvas no inverno; no verão, fora da ação do anticiclone Atlântico produz os conhecidos aguaceiros locais nas tardes. Possui uma inversão térmica que oscila em altitude; mais baixa no verão e alta no inverno, fato do qual decorrem as chuvas orográficas quando de sua ultrapassagem na Serra do Mar. (Figura 3.8 e figura 3.9).

São zonas de encontro de massas de ar com propriedades diferenciadas. Em suas partes ativas frontogenéticas, o ar frio obriga o mais quente a deslizar ascendentemente sobre o primeiro, o qual pode estacionar ou progredir sobre o segundo. Situam-se em locais onde ocorre o maior gradiente horizontal de temperatura, ou seja, onde há o confronto de massas suficientemente diversas.

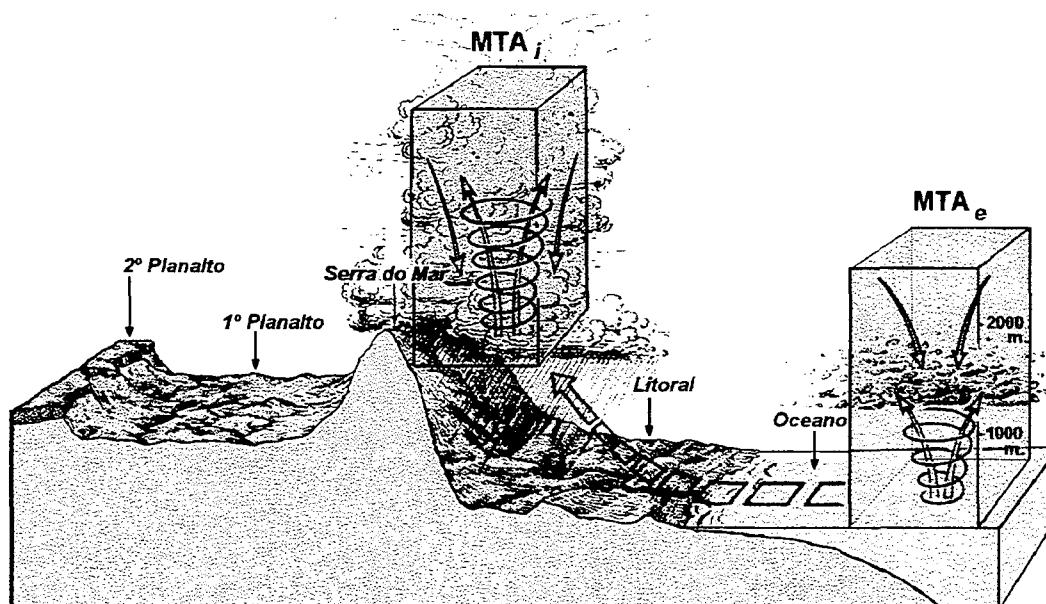
No Paraná, o anteparo constituído pela Serra do Mar e suas ramificações aprisiona o ar frio que se dirige ao norte, formando com o ar frontal o que SANTOS (1965) denominou de Frente de tipo especial, a qual adquire maior desenvolvimento quando a frente fria permanece estacionária, ocorrem chuvas torrenciais persistentes na serra e elevada nebulosidade. O processo decorre da compressão e do aquecimento adiabático do ar junto à serra, o qual com sua ascensão torna-se saturado formando nevoeiros ou precipitação. (Figura 3.8).

A presença da serra, além de servir como divisor climático entre o planalto interior e o litoral, define variações locais significativas no clima, o qual, ainda que não possa ser devidamente classificado pela ausência de dados e estudos mais detalhados, pode ser percebido na análise de dados meteorológicos das estações presentes na área pesquisada, de Piraquara, Veu de Noiva - Rio Ipiranga e Morretes.



**Figura 1-8 Dinâmica da chegada de uma frente fria na área estudada.**

No caso desta estar sob domínio da massa tropical atlântica a chegada da frente provoca fortes chuvas, tal perturbação atmosférica poderá entrar em oclusão ou permanecer estacionária por alguns dias quando então ocorrem as máximas precipitações na Serra do Mar e adjacências. (Adap. de BIGARELLA et al. 1978).



Adap. de BIGARELLA et al. 1978

**Figura 1-9 - Dinâmica da Massa Tropical Atlântica:**

A Massa Tropical apresenta uma inversão térmica que oscila com a altitude no inverno mais alta e no verão mais baixa, a qual determina as chuvas orográficas quando da sua ultrapassagem através da Serra do Mar.  $MTA_i$  = Massa tropical instável e  $MTA_e$  = Massa tropical estável.

O grande dinamismo dessa frente é reforçado pelos fenômenos de frontogênese, os quais são aumentados pelos processos de oclusão do ramo Pacífico.

Dados do intervalo de 20 anos (1939-1959)<sup>3</sup> de pluviosidade, registrados nas referidas estações, segundo BIGARELLA (1978), apresentam significativas diferenças entre as médias anuais. Enquanto a média acima de 3.000 mm de Véu de Noiva a qual, chegou a ultrapassar 5.000 mm/ano, Morretes ficou abaixo de 2.400 mm./ano, local em que o registro inferior no intervalo foi de aproximadamente 1.400 mm/ano. Já na estação da Piraquara no planalto, ainda que apresente média anual acima de 2.500 mm índices elevados em relação à média do planalto em Curitiba; (que fica em torno de 1.400 mm., segundo MAACK, 1968), e apresente médias ligeiramente superiores a Morretes, são esses muito inferiores na estação Véu de Noiva, no reverso da serra, a média registrada.

As diferenças pluviométricas mencionadas incontestavelmente demonstram os efeitos locais do relevo no clima local da serra (Véu de Noiva) onde fatores convergentes acentuam a

<sup>3</sup> Exceto para Véu de Noiva cujo intervalo face aos dados disponíveis ficou de 1942 a 1959



precipitação, caracterizando nítida faixa de transição (particularmente nas vertentes orientais da Serra do Mar), entre os domínios climáticos regionais vigentes sobre a área em questão, ou seja, no sistema de classificação climática de Köppen, segundo MAACK (1968) no Planalto de Curitiba o clima é Cfb. (Piraquara -PR.) e Af(t) na Planície Litorânea (Morretes -PR.).

### 3.2.5 Geomorfologia

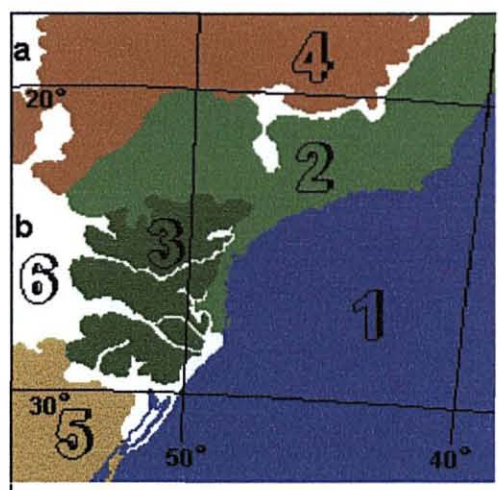
Identificadas na divisão física como “Regiões geográficas naturais ou Zonas de paisagem natural,” propostas por MAACK (1968), para o Estado do Paraná, estão presentes na área três das cinco grandes zonas, ou seja, o Primeiro Planalto Paranaense, a Serra do Mar e o Litoral. O planalto abrange o setor denominado Subzona Planalto de Curitiba e o Litoral as Subzonas Orla Marinha e Orla da Serra, essa última setores montanhosos e ondulados que são extensões ou braços rebaixados da Serra do Mar, por compreenderem núcleos mais ou menos isolados do embasamento cristalino, tendo a mesma origem e gênese que a serra, justificam a agregação da subzona Orla da Serra à grande zona Serra do Mar, conforme o adotado por BIGARELLA et al. (1978) e ANGULO (1992).

Morfologia e Morfogênese da Serra do Mar, Planalto de Curitiba e Planície Litorânea.

No leste paranaense, destaca-se a Serra do Mar, principal conjunto montanhoso brasileiro, a qual localmente interpõem-se ao Planalto de Curitiba e à Planície Litorânea a que se limita em sua porção oriental com o Oceano Atlântico, o qual adentra a planície pelas referidas baías.

Localizada entre a borda oriental do primeiro planalto paranaense e o litoral, a Serra do Mar é o conjunto topográfico (serras) mais notável do território paranaense e a unidade fisiográfica mais preservada no Estado do Paraná. É definida por AB’SABER e BIGARELLA (1961) como: “[...] divisor assimétrico e marginal que separa extensos planaltos e patamares do interior em face da fachada atlântica acidentada e complexa do território paranaense”. Complexidade que mesmo em macro escala é observada ao envolver faixa estreita de transição quando não praticamente inexistente ou difusa, multiplicada em diversos setores entre dois dos grandes “domínios morfoclimáticos”, identificados por AB’SABER (1969, 1977), cujas “áreas core” ou “nucleares” relacionam a “regiões climato-botânicas, áreas geopedológicas, províncias fitogeográficas e regiões hidrológicas particularmente bem definidas” sendo no presente caso identificados no “Domínio Mares de Morros” referente às “áreas mamelonares

tropicais - atlânticas florestadas”, desenvolvido em posição azonal e o “Domínio de planaltos subtropicais, recobertos por Araucárias e pradarias de altitude”, ou “Domínio Tropical Atlântico e Domínio dos Planaltos de Araucária” conforme AB’SABER (1977), (Figura 3.10), revestidos por um velho núcleo de Araucária. Domínios aos quais o autor se refere como sendo parte constituinte dos “melhores exemplos de complexos fisiográficos, de arranjo poligonal, conhecido no cinturão das terras tropicais do globo”.



(Adaptado de AB’SABER, 1977)

**Figura 3-10 Domínios Morfoclimáticos da porção Centro Oriental da América do Sul:**

1- Oceano Atlântico 2- Domínio Tropical Atlântico 3- Domínio dos Planaltos de Araucária  
4- Domínio dos Cerrados 5- Domínio das Coxilhas, com Pradarias Mistas 6- Zonas ou Faixas de Transição: a- Pantanal Mato-grossense b- Chaco Oriental.

Segundo MAACK (1972), a serra é parte da grande cuesta oriental do planalto brasileiro, constituída de rochas cristalinas, pré-cambrianas, estendendo-se como tal desde o estado do Rio de Janeiro até o estado de Santa Catarina.”

A Serra do Mar tem sua faixa de piemonte oriental freqüentemente separada da planície sedimentar costeira por superfícies em forma de taludes, rampas e terraços de composição colúvio-aluvionares, cujas formações mais antigas mergulham sob os sedimentos marinhos, flúvio lagunares e de baía mais recentes (BIGARELLA et al 1978).

Destacada sob o ponto de vista orográfico, a serra segundo MAACK(1968), constitui uma escarpa ou degrau intercalado por serras marginais elevadas de 500 a 1.000 metros acima do nível do primeiro planalto (Planalto de Curitiba) no Estado do Paraná, onde, embora menos escarpado em sua face ocidental (continental - planáltica) apresenta igualmente os elementos morfológicos característicos da faixa de piemonte. Tais aspectos fisiográficos conforme diversos autores, enquadram a serra em sistema de classificação orográfico como: Serra

diversos autores, enquadram a serra em sistema de classificação orográfico como: Serra Marginal de Borda de Planalto. (RUELLAN, 1945; MAACK, 1947; AB'SABER e BIGARELLA, 1961 e BIGARELLA et al., 1978).

Esse conjunto de serras teve a origem de seus principais acidentes topográficos, atribuídos a dobramentos e falhamentos, (RUELLAN, 1945; DOMINGUES, 1945 e MAACK, 1947). Nos estudos pioneiros os referidos autores observam a existência de patamares relacionados a diversos níveis decorrentes de sucessivos ciclos, relacionados a agentes diversos, sendo: Glacio-eustáticos (DOMINGUES, 1945); Tectônicos e erosivos (RUELLAN, 1945; MAACK, 1931-1947-1972; Tectônicos e com reafeiçoamento principalmente erosivo AB'SABER e BIGARELLA, 1961; BIGARELLA, MARQUES AB'SABER, 1961; BIGARELLA, 1978).

Em estudo pioneiro de formações quaternárias na Serra do Mar, MAACK (1947), observa:

“[...] os enormes amontoados de blocos da Serra do Mar, originados pela desagregação mecânica dos paredões e os rompimentos de núcleos de grandes matacões graníticos. Estas formações atualmente sob uma camada de terra de decomposição recente com densa mata pluvial, apenas podem ser explicadas por forte insolação e acentuados contrastes de temperatura. Sob as influências atuais, do clima úmido, quente - temperado com formas de superfície causadas predominantemente pela decomposição química, não podem resultar nem os enormes amontoados de blocos e nem os matacões com rompimento de núcleos, nem os fenômenos de desagregação mecânica. Todas estas formas antigas, em consequência da decomposição química e formação dos solos, acham-se hoje cobertas por um manto de vegetação. **As formas fundamentais e amontoados de blocos e detritos da serra do Mar no Paraná originaram-se numa época de clima semi-árido do quaternário antigo** [sem grifo no original], enquanto que atualmente predominam na serra do Mar decomposição química, lavagem pluvial e desmoronamentos.”

Sob o ponto de vista geológico estrutural, conforme BIGARELLA (1946, 1965) e MAACK (1947), a atual configuração da região estudada teve início durante o Terciário, possivelmente ainda no Cretáceo, em um “desequilíbrio continental”, decorrente do tectonismo dos Andes que produziu grandes linhas de falhas. Estas provocaram o afundamento de uma faixa continental na porção oriental do continente sul-americano e a elevação de blocos limitados regionalmente, originando ao mesmo tempo a Serra do Mar e a maioria das baías brasileiras, dentre as quais a baía de Paranaguá, onde a ingressão marinha sob o bloco afundado ocorreu ao longo dos vales de uma paisagem terciária moldada durante o Cretáceo.

Quanto à origem controvertida dos elevados patamares da Serra do Mar, assim como dos patamares intermediários, originalmente atribuídos a falhas e ao mesmo tempo como de

origem cíclica glacio-eustática, conforme interpretação geomorfológica de BIGARELLA e AB'SABER (1961) a origem morfológica da Serra do Mar (vide: Geologia e aspectos tectônico estruturais), além dos aspectos tectônicos e a estrutura geológica dos blocos, é em grande parte fruto da ação de processos morfoclimáticos cíclicos relacionados à formação dos referidos patamares (degraus) aparentemente escalonados.

Fisionomicamente é moldado pela tectônica rígida; portanto, o relevo da serra é constituído por um conjunto de blocos montanhosos, escarpados e de restos de planalto bastante dissecados por vales profundos, cujas feições morfológicas complexas foram acentuadas pelos processos erosivos policíclicos a que esteve sujeita.

Os alinhamentos em paredões semi-esfoliados na frente superior das escarpas encontrados no conjunto da Serra do Mar, identificados na região que abrange a área pesquisada, constituem os elevados maciços residuais de borda do planalto, ladeados por serras escarpadas rebaixadas com maior continuidade no sentido norte-sul, assimétricas e festonadas, correspondentes ao recuo recente dos blocos falhados (falhas terciárias, segundo MAACK, 1968), e caracterizam a alta complexidade morfológica desse conjunto (AB'SABER e BIGARELLA, 1961).

Localmente, conforme BIGARELLA et al. (1978), são reconhecidos pelo menos 3 grandes níveis de pediplanação ( $Pd_3$ ,  $Pd_2$  e  $Pd_1$ ), que se relacionam a eventos climáticos mais rigorosos e longos de aridez, reportados a ciclos de desprovimento da cobertura florestal por conta da vigência de climas semi-áridos, precedidos por ciclos de pedimentação com menor duração ( $P_2$  e  $P_1$ ). Nos primeiros eventos se processava o recuo paralelo generalizado das encostas e a degradação lateral da paisagem; nos últimos, por processos similares porém com menor intensidade e duração em sucessivos ciclos subsequentes, desenvolveram-se as superfícies embutidas em degraus e níveis intermediários intermontanos e de piemonte.

Tais ciclos não serviram tão-somente ao reafeiçoamento da área serrana, mas também contribuíram para a elaboração da zona de piemonte e para a expansão da planície costeira, assim como igualmente na moldagem do 1º Planalto, atestados pelas deposições correlativas dos referidos eventos, identificados nas formações sedimentares Guabirotuba, Tingüis e Boqueirão (BECKER, 1982) diversas deposições sedimentares continentais são registradas na face oriental da Serra do Mar e planície litorânea, e relacionadas às seqüências sedimentares da formação Alexandra (pleistocênica em sua porção basal), e as rampas de deposição coluvial

reativadas ciclicamente em passado recente (BIGARELLA et al. 1978), ou nas diversas formações plio-quaternárias registradas por MARTIN et al. (1988).

#### Compartimentação Geomorfológica Regional e Local.

O processo atual de erosão linear acelerada remontante manifesta-se na Serra do Mar e bordas do Planalto, seguindo antigas linhas de drenagem, dando seqüência à dinâmica de modelagem já descrita onde se destacam feições no relevo que permitem compartimentá-la em superfícies correlacionadas aos referidos níveis de erosão e ou sedimentação, originalmente identificados na Serra do Mar por BIGARELLA, MARQUES e AB'SABER (1961).

#### Grandes Superfícies de Aplainamento e Superfícies Pedimentares

Localmente são identificadas as três principais superfícies de aplainamento reconhecidas no território brasileiro e que regionalmente são denominadas de: Superfície do Purunã, Superfície do Alto Iguaçu e Superfície de Curitiba, que fazem parte da nomenclatura conhecida das grandes superfícies aplainadas, identificadas no território brasileiro, conforme diferentes denominações regionais (Tabela 3.2) e que genericamente são identificadas, respectivamente, pelas siglas: Pd<sub>3</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>1</sub>, propostas por AB'SABER e BIGARELLA (1964), siglas de identificação também adotadas neste estudo.

Os principais traços macromorfológicos dessa paisagem decorreram da elaboração de três grandes superfícies de aplainamento regional, de origem morfoclimática, (segundo, AB'SABER e BIGARELLA, 1961b) (Tabela 3.2). Relevos residuais combinados a uma paisagem estrutural de blocos deslocados por antigos processos de falhamento que originaram os maciços ou parcelas definidos como “block mountain”, alguns dos quais se mantiveram como verdadeiros “inselbergs” ao permanecerem mais elevados ao longo de maior parte da história geológica, e que foram destacados topograficamente na paisagem com a epirogênese “Post-Cretácea” combinada a retomadas erosivas responsáveis pela elaboração de dois grandes sistemas de aplainamento embutidos identificados na área de pesquisa - o mais antigo identificado como “Superfície Alto Iguaçu” (ALMEIDA, 1953). Este foi esculpido, segundo AB'SABER e BIGARELLA (1961), em bases exorreicas e o mais recente “tendencialmente endorreico” originado após a sedimentação da bacia de Curitiba. Tais sistemas avançaram oportunamente em zonas de fragilidade litológica, sobre os blocos residuais da serra, alcançando por vezes a porção leste, constituindo verdadeiros corredores aplainados

intermontanos, aproveitados pelas principais vias de ligação entre o litoral e o planalto ( BR-277, Ferrovia e Estrada da Graciosa).

Além das duas grandes superfícies pediplanadas mencionadas e o relevo estrutural em blocos, localmente registram-se ainda pelo menos três níveis e pedimentos relacionados àqueles identificados por AB'SABER e BIGARELLA (1961b) como sendo pedimentos intermontanos remanescentes na área "Pré-Serra do Mar", relacionada aos alvéolos (anfiteatros) abertos por processos de pedimentação. A estes processos BIGARELLA et al.(1965a), relacionaram três épocas semi-áridas correspondentes às glaciações pleistocênicas das altas latitudes, às quais correspondiam igualmente a níveis muito baixos do mar, uma vez que parte de depósitos correlativos a essas superfícies hoje se encontram sob o nível atual do mar. Dessas superfícies identificadas como níveis  $P_3$ ,  $P_2$  e  $P_1$ , a primeira sendo de distribuição mais generalizada caracterizada pela coalescência de superfícies, foi redefinida como pediplano e recebeu a sigla  $Pd_1$  (BIGARELLA e A'B SABER, 1964).

**Tabela 3.2: Nomenclatura das Grandes Superfícies Aplainadas do Território Brasileiro, conforme diversos autores.**

(1943) De Martone	(1956) King	(1949/60/72) Ab'Sáber	(1953/1961/65/75/85) Almeida, Ab'Sáber e Bigarella; Bigarella et al.; Becker
Superfície dos Campos	Superfície Sul Americana	Superfície de Cimeira	$Pd_3$ : Pediplano do Terciário Inferior ( <i>Oligoceno</i> ) "Superfície do Purunã" *
Superfície das Cristas Médias	Ciclo das Velhas	Superfície Intermontana, Interplanáltica ou Embutida	$Pd_2$ : Pediplano do Terciário Médio ( <i>Plioceno Inferior</i> ) "Superfície do Alto Iguaçu" *
Superfície Neogênica	Ciclo Paraguaçu	Superfície Intermontana, Interplanáltica ou Embutida	$Pd_1$ : Pediplano do Terciário Superior e Quaternário Inferior ( <i>Plio-Pleistoceno</i> ) "Superfície de Curitiba" *

\* Denominações regionais propostas por AB'SABER e BIGARELLA (1961) em estudo das superfícies aplainadas do Primeiro Planalto Paranaense e Serra do Mar.

Na região deste estudo conforme AB'SABER (1998), "terminadas as grandes aplainações dos fins do Terciário, embutidos em depressões interplanálticas, ocorreu uma reativação de soerguimentos de grande abrangência espacial e baixa amplitude altimétrica" em período pós-pliocênico. Foram elaborados os referidos níveis intermediários de erosão ( pedimentos, terraços de pedimentação e baixos terraços fluviais), os quais tiveram seu desenvolvimento até o Pleistoceno Médio, quando praticamente cessaram os " [...] movimentos de soerguimento de conjunto [...] e passaram a predominar os amplos efeitos

paleoclimáticos e ecológicos relacionados a rápidas e sucessivas flutuações do nível do mar [...]", período que estimou ser referente aos últimos 110.000 anos, quando o nível do mar oscilou de menos 100 m a mais de 3 m alcançados na primeira metade do Holoceno, período após o qual ao baixar para atingir o nível médio do mar atual, " [...] deixou vazar argilas sobre as baías no fundo e flanco de estuários na maior parte do Brasil [...]", depósitos esses que serviram de "suporte para expansão dos manguezais".

Dessas retomadas erosivas Plio-pleistocênicas, somadas ao recuo das vertentes em períodos interglaciais úmidos responsáveis pela dissecação das superfícies em períodos sub-húmidos de curta duração, originaram-se as feições localmente identificadas como patamares, ombreiras e terraços elevados mantidos por cascalheiros, depósitos de tálus, bem como as baixos níveis de rampas, cones de dejeção e planícies de inundação mantidos como níveis embutidos e ajustados a uma rede de drenagem com uma configuração (distribuição) similar à atual, dispondo-se desse modo de forma escalonada a partir dos principais cursos fluviais atuais.

Relacionados aos ciclos mais recentes de curta duração, AB'SABER e BIGARELLA (1961b), destacam ainda a reativação de antigos grotões, que são registrados em feições erosivas encontradas de forma irregular "amarradas aos velhos alvéolos dissecados". Essas feições constituem superfícies mais recentes às quais são correlacionados os cones de dejeção colúvio-aluvionares, rampas de colúvios e tálus. Estas últimas formas são ainda hoje moldadas nos fenômenos conhecidos como deslizamentos que ocorrem em condições particulares de relevo muito íngreme, sendo bastante localizados e desencadeados por eventos meteorológicos de elevada precipitação (vide em geologia - Figura 3.3) deixando sua marca nas encostas como cicatrizes de erosão e depósitos sedimentares que entulham os vales com depósitos rudáceos, com blocos e seixos dos mais variados diâmetros, além de materiais colúvio-aluvionares de textura mais fina que se espalham na planície, ou junto ao piemonte na forma de leques colúvio-aluvionares (Foto 3.1 e 3.2).

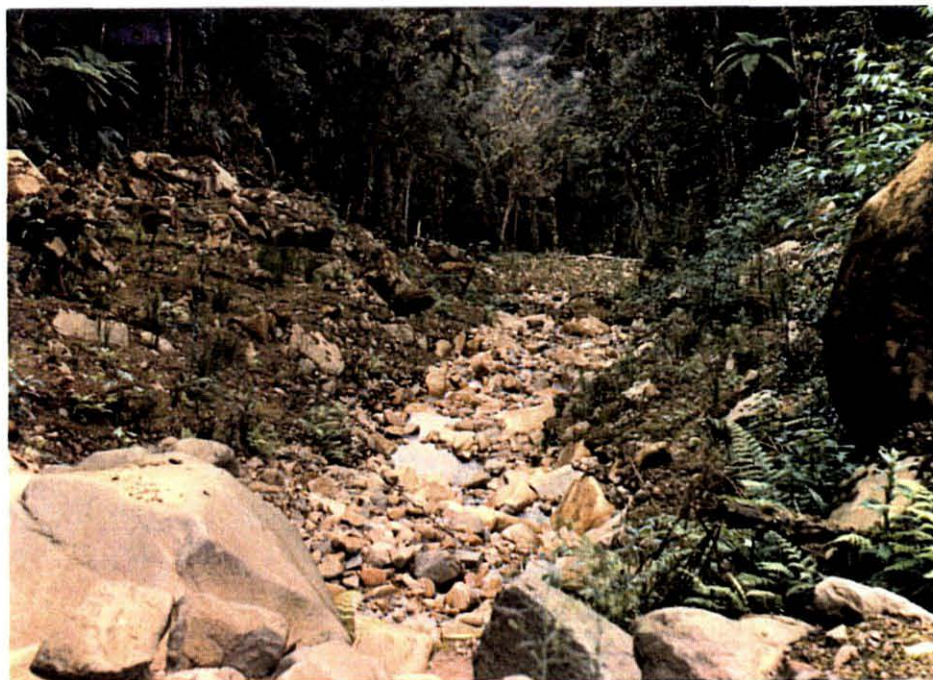
Os colúvio-alúvios relativos a condições anteriores de evolução das vertentes em clima úmido similar ao atual, nos quais a decomposição química progrediu rapidamente em zonas mais diaclasadas das rochas ou em litologias menos resistentes, produzindo de tal forma um manto de intemperismo mais ou menos espesso (irregular). Nessas a estabilidade é mantida pela cobertura vegetal e pelo tapete de detritos vegetais que absorvem grande quantidade das

precipitações, evitando desse modo a infiltração excessiva que colocaria em risco a estabilidade de grande parte das encostas, principalmente às com declives superiores a  $37^\circ$  (trinta e sete graus) conforme DOMINGUES et al. (1971), nestas quando a vegetação é degradada o índice de deslizamentos (movimentos de massa) tende a ser elevado.

Em condições ambientais naturais nas vertentes com declives acentuados, próximo ou acima dos  $37^\circ$  anteriormente mencionado, face ao acúmulo de material detrítico em solos rasos que desenvolvem-se sobre rocha fresca, em situações de precipitação excessiva possibilitam a infiltração e lubrificação de planos de cisalhamento intemperizados que por vezes adentram a rocha, devido a ação gravitacional podendo desencadear deslizamentos localizados. Excepcionalmente esses movimentos de massa, podem assumir dimensões catastróficas como foi registrado na Serra do Mar em Caraguatatuba-SP em 18/03/1967, quando a precipitação atingiu 450 mm. em 24 horas, provocaram o deslocamento em cadeia de vertentes florestadas com declives superiores a  $22^\circ$  (CRUZ, 1974), e foram possivelmente facilitados pela propagação de pequenos sismos originados pela violência dos choques e abalos produzidos pela queda das vertentes (BIGARELLA et al., 1978). Neste episódio foram movimentadas rapidamente 2.000.000 (duas milhões) de toneladas de detritos vertente abaixo (PETRI e SUGUIO, 1971).

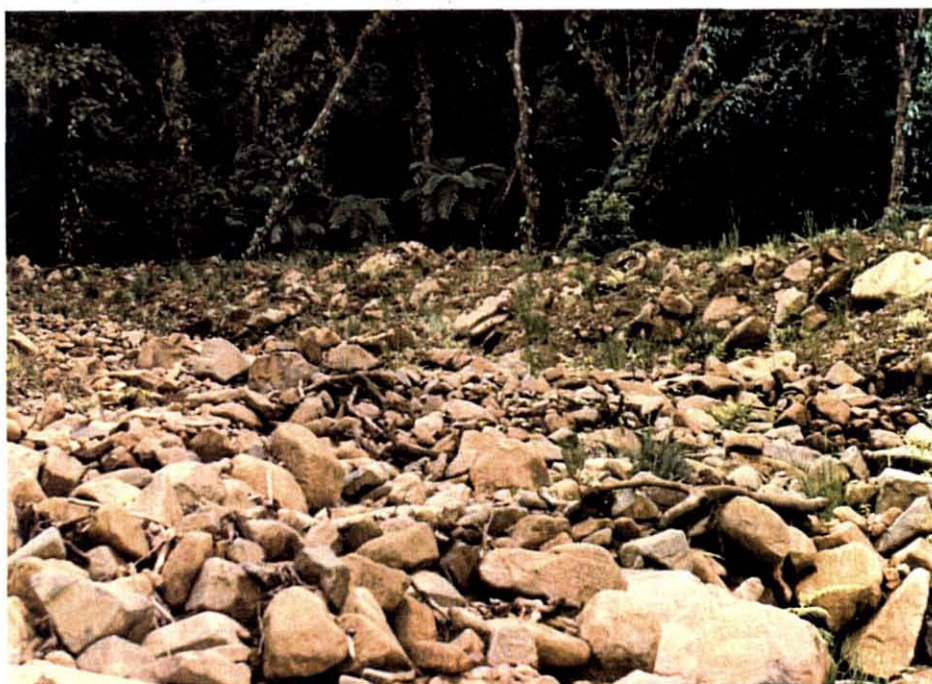
Tais fenômenos de deslizamento, embora possam atingir dimensões catastróficas, como o registrado em eventos mais recentes Caraguatatuba-SP, e outros no Estado de Santa Catarina, os quais, mesmo se considerados temporalmente cumulativos, parecem ser insuficientes para a geração generalizada das referidas feições em toda paisagem serrana e planáltica; desse modo, é mais aceitável a explicação de sua origem ser reportada aos ciclos climáticos.





**Foto 3-1: Fotografia de depósito recente de tálus associado a material colúvio-aluvial:**

Registro de evento de deslizamento ocorrido nas vertentes orientais da Serra do Marumbi, material resultante de deslizamento de encosta, constituindo o tálus a esquerda da foto; ao centro depósito rudáceo constituindo o leito maior escavado em momento quase contemporâneo ao deslizamento por retrabalhamento fluvial do material do deslizamento junto ao leito de afluente do rio Marumbi na localidade denominada de Fartura no Município de Morretes-PR. (PASSOS, E.1988).



**Foto 3-2: Fotografia de terraço correlativo a evento recente de deslizamento na Serra do Marumbi:**

Terraço correlativo ao evento de deslizamento ocorrido nas vertentes orientais da Serra do Marumbi, faixa central da foto constitui um depósito colúvio-aluvial (material de movimento de massa) contemporâneo ao deslizamento (Foto 1), já o depósito rudáceo em primeiro plano é um terraço fluvial quase contemporâneo ao deslizamento, depositado por retrabalhamento fluvial do material do deslizamento, situados em no vale de curso secundário afluente do rio Marumbi, na localidade denominada de Fartura, no Município de Morretes-PR. (PASSOS, E.1988).

### Conjuntos morfológicos:

Em classificação morfológica regional proposta por MURATORI et al. (1988), para o Mapeamento Geomorfológico Expedito da Região Metropolitana de Curitiba<sup>4</sup> a área objeto do presente estudo está inserida na região compreendida por três conjuntos identificados como: o Planalto de Curitiba, a Serrania Costeira e a Planície Litorânea.

A compartimentação da paisagem determinada por classificação de natureza morfológica utilizada, é embasada no referencial teórico anteriormente mencionado e, principalmente, considera os conceitos de BIGARELLA e AB'SABER (1961b). Evidencia que os aspectos da paisagem atual foram determinados nas mudanças climáticas ocorridas em períodos geológicos passados e especialmente nos mais recentes (Quaternário), aos quais são correlativas, respectivamente, as três grandes superfícies de erosão com dimensão regional, ou seja, os pediplanos Pd<sub>1</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>3</sub>, e os pedimentos P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>, em que o sufixo numérico obedece à escala temporal, sendo o índice numérico menor correspondente à superfície mais recente e o índice numérico maior à superfície mais antiga. Sob o aspecto topográfico, a relação segue os mesmos critérios decrescentes dos quais as principais características são apresentadas na Tabela 3.3. e. g. o nível Pd<sub>1</sub> trata-se do pediplano menos elevado e o Pd<sub>3</sub> o mais elevado. Figura 3.11.

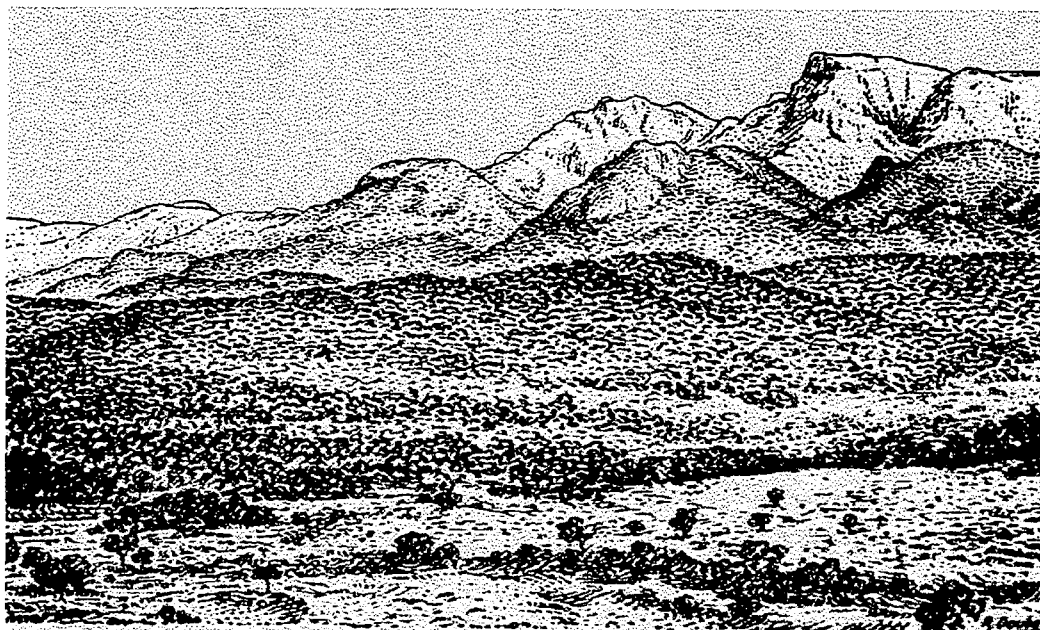
Estudos mais detalhados de bases cartográficas, fotointerpretação e checagem em campo, na Serra do Mar e Região Metropolitana de Curitiba, desenvolvidos por equipes coordenadas por J.J. Bigarella (BIGARELLA et al. 1978 - 1979), permitiram identificar superfícies intermediárias, nas três superfícies de pediplanação - Pd<sub>3</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>1</sub> e em outros níveis embutidos de degradação, interplanálticos ou intermontanos designados P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub> e em baixos níveis de terraços, e superfícies intermediárias reconhecidas em estudos anteriores (BIGARELLA e AB'SABER, 1964 e BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, 1965).

Superfícies diversas intermediárias foram identificadas como subníveis subordinados, ainda não bem definidos, e efetivamente registrados em mapeamentos detalhados na escala 1:10.000 na Região Metropolitana de Curitiba, envolvendo parte de encostas ocidentais da Serra do Mar (PASSOS e COSTA 1982 e 1984). Isto demonstra a importância dos referidos

---

<sup>4</sup> A referida classificação foi produzida com a finalidade de servir como instrumento básico de caracterização do relevo, visando a aplicação dos conhecimentos relativos à evolução da paisagem para determinação da estabilidade do meio físico, na execução de Zoneamento Florestal.

ciclos climáticos na determinação da atual configuração morfológica no relevo regional, e a sua relevância na definição da compartimentação geomorfológica regional e local, bem como a complexidade de sua morfogênese.



(Adap. de ilustração elaborada por R. Doubek in BIGARELLA, 1965).

**Figura 1-11- Morfologia, característica abrangendo os blocos escarpados da Serra do Mar - borda de Planalto, Piemonte e Planície.**

Detalhe do núcleo localmente denominado conjunto da Serra da Graciosa ao alto em último plano da direita para esquerda superfície aplainada residual rebaixada do pediplano Pd<sub>3</sub> na Serra Mãe Catira (Pico do Sete com 1457m. a.n.m.) ao centro superfície dissecada de pediplano Pd<sub>2</sub> na Serra da Farinha Seca com 1200m e borda do primeiro planalto remanescente dissecado de pediplano Pd<sub>1</sub> de 966m a 1086m ao alto a esquerda. Em plano intermediário compreendendo as encostas escalonadas por degraus estruturais localmente entre 400 e 800 m. a.n.m. e particularmente as superfícies pedimentares P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub> além de pequenas elevações residuais frontais (morros com aproximadamente 200m), no primeiro plano compoendo a soleira do piemonte que avançando em direção da planície litorânea na forma de rampas colúvio - aluviais suavemente inclinadas e cones de dejeção fluvial, onde localmente a vegetação original encontra-se muito degradada pela ocupação antrópica.

**Tabela 1.3- Características das Superfícies Residuais Pediplanadas**

Sigla	Idade	Características	Localização
<b>Pd1</b>	Plioceno Superior	950 a 1100m de altitude, mais preservada com depósitos correlativos.	Superfície de Curitiba e Serra do Mar e Demais elevações com altitudes superiores a 800m no Litoral
<b>Pd2</b>	Plioceno Inferior	1000-1200m de altitude, pouco preservada.	Superfície do Alto Iguaçu e Serra do Mar.
<b>Pd3</b>	Oligoceno	1200-1800m de altitude, pouco preservada.	Superfície e restos de planaltos do Purunã e Serra do Mar.

Tais eventos não serviram tão-somente ao reafeiçoamento da área serrana e planalto, mas também foram extensivos à elaboração da zona de piemonte, assim como dos alvéolos

erosivos intermontanos e embutidos, além da configuração da baía em face da expansão de depósitos continentais colúvio-aluviais na planície costeira, quando o nível de base foi bastante recuado, pelo baixo nível do mar apresentado nesses períodos, e foram moldados os pedimentos inferiores e seus depósitos correlativos em forma de rampas, terraços, leques ou cones de dejeção. Do mesmo modo, há registro da modelagem das diversas deposições sedimentares continentais registradas na planície litorânea e orla marítima, relacionadas às seqüências sedimentares mais antigas denominadas de Formação Alexandra (plio-pleistocênica em sua porção basal), ou das rampas de deposição coluvial e ou aluvial na zona de piemonte, onde há evidência de pelo menos 2 ou 3 camadas, relacionadas a fases de solifluxão generalizada reativadas ciclicamente em passado recente (BIGARELLA et al. 1978), ou ainda nas diversas formações plio-quadernárias registradas por MARTIN et al.(1988), em mapeamento geológico do Quaternário costeiro do Estado do Paraná.

#### Planalto de Curitiba

Compreende parte do conjunto de terras intermontanas localizadas entre as escarpas soerguidas pelo falhamento que originou a Serra do Mar estendendo-se até a escarpa erosional denominada Serrinha do Purunã, drenado pela bacia do rio Iguaçu (Alto Iguaçu). Este planalto esteve sujeito a períodos de agradação que lhe conferiu um relevo mais suave, na porção Centro-Sul denominado de Planalto de Curitiba, (MACK, 1968) o qual, em face do grau de dissecação subsequente e a natureza litológica foi subdividido (MURATORI et al. 1988) em dois setores planálticos, o Planalto Sedimentar e o Planalto Cristalino, entremeados por superfícies de agradação horizontalizadas recentes de natureza aluvial as Planícies Aluviais, sendo:

##### Planalto Sedimentar

Representado por antiga superfície de agradação (sedimentos da Formação Guabirota) pediplanada a qual sofreu dissecação de graus variados decorrentes de ciclos de erosão mais recentes ( pedimentação).

##### Planalto Cristalino dissecado

Constituído pelo conjunto de colinas dissecadas que margeiam o Planalto Sedimentar, compostas por manto de elúvio do embasamento cristalino e coberturas sedimentares mais delgadas de natureza colúvio - aluvionares (Formação Tingüis , BECKER, 1982).



## Planícies Aluviais

Superfícies de agradação horizontalizadas que se estendem ao longo das margens do rio Iguaçu e afluentes, incluindo ainda a depósitos sub-horizontalizados, na forma de baixas rampas, cones de dejeção colúvio - aluvionares e terraços fluviais.

Na área pesquisada compreendendo parte dos três dos conjuntos mencionados (MURATORI et al, 1988), ou seja, o Planalto da Curitiba, a Serrania Costeira e a Planície Litorânea, apresenta variações locais<sup>5</sup>, a seguir caracterizadas quanto a sua correlação às formações geológicas superficiais, com a tipologia e distribuição dos solos sobre essa porção do território metropolitano, envolvida em parte da área pesquisada, a qual estende-se também sobre parte ainda mais oriental do Estado do Paraná.

Unidades de Planícies Aluviais Amplas: São superfícies horizontalizadas, atingindo um máximo de 6% de declividades em áreas de rampas de colúvio, sempre com o lençol freático aflorante ou muito próximo da superfície, sendo sujeitas a inundações sazonais. Incluem três compartimentos distintos:

- a) O central onde se localiza a calha do rio, com presença de diques marginais, barras de meandros abandonados recentes;
- b) O compartimento marginal inferior, área predominante de planície de inundação, que abrange um setor mais deprimido;
- c) O compartimento marginal superior, instalado entre as vertentes e o vale propriamente dito, fazendo parte deste as baixas rampas de colúvio, os leques aluviais e os terraços de soleira, (Planalto de Curitiba).

Unidades de Planícies Aluviais Restritas: Compreendem os aplainamentos restritos com depósitos aluviais de pequeno porte, ocupando fundos de vale em relevos movimentados, aluviões suspensos, de soleira, associados com solos hidromórficos. (Várzeas indiscriminadas)

Colinas Aplainadas: Apresentam vertentes longas, côncavo-convexas suavemente inclinadas, formando interflúvios amplos de cumeeiras achatadas com topos aplainados. As amplitudes são inferiores a 50m e as declividades dominantes são inferiores a 6%, com baixa densidade de drenagem. Trata-se de uma unidade caracteristicamente sedimentar, denominada de Formação

Guabirotuba, composta por sedimentos mais antigos, inconsolidados, predominantemente argilitos, localmente recoberta por materiais retrabalhados da própria unidade - sedimentos pedimentares, Formação Tingüís, unidade inferior, mesclados com elúvios do embasamento cristalino. Compõe uma superfície relativamente contínua de Pediplano Residual Pd1. Padrão de drenagem dentrítico, apresentando certo controle estrutural com padrões locais retílineos, com vales amplos, limitando encostas em geral assimétricas.

**Colinas Amplas:** Apresentam vertentes côncavo-convexas com topos amplos, amplitudes locais em torno de 60m com declividades de 6 a 12%, podendo surgir encostas dissecadas de até 45%, apresentando características similares às colinas aplainadas, diferenciando-se pelo grau de dissecação das encostas onde se instalaram superfícies embutidas mais recentes com delgadas camadas sedimentares (Planalto de Curitiba).

**Colinas Médias:** Revelando maior dissecação com amplitudes locais de 60m, as vertentes são arredondadas, com declividades predominantes de 12 a 20%, podendo admitir inclusões de declividades até 45% e mais de 45%, quando as vertentes se apresentam mais curtas e entalhadas por alvéolos que exprimem perfis locais côncavos. É *predomínio da Formação Tingüís, unidade superior, no Planalto Sedimentar e áreas do Planalto Cristalino, caracterizada pelos colúvios vermelho - amarelos.*

**Colinas Elevadas:** Apresentam encostas arredondadas e/ou dissecadas, formando um conjunto elevado em relação às formas semelhantes vizinhas. Dominam as declividades em torno de 20%, mas ocorrem topos aplainados com menos de 12%. As amplitudes máximas estão em torno de 60m e o padrão de drenagem se apresenta como dentrítico com vales “v” abertos (Planalto de Curitiba).

**Colinas Dissecadas:** As vertentes são dissecadas, côncavo-convexas, com disseminação generalizada de alvéolos em declividades superiores a 20% nas bordas das superfícies sedimentadas mais dissecadas das colinas amplas e médias, constituindo as áreas dos mananciais (Planalto de Curitiba).

**Morrotes:** Constituem vertentes muito dissecadas, geralmente com setor retílineo, com associações de declives entre 20 e 45% e maiores que 45% formando morrotes alongados com

---

<sup>5</sup> Sub-setores delimitados com base em critérios de classificação da natureza morfológica do relevo identificados em sua configuração por conjuntos de feições que possibilitaram a sua subdivisão em sub-unidades.

topos arredondados, com amplitudes locais em torno de 100m, simulando pequenas escarpas. No Planalto Cristalino constituem freqüentemente linhas de interflúvios de maior destaque. Morros de Topos Aplainados: É o domínio das elevações que constituem uma superfície de transição de litologia diversificada entre duas zonas geomorfológicas distintas e por isso mesmo de feições complexas. Apresentam áreas de declividade em torno de 12%, envolvendo áreas de morros arredondados e alongados com declividades superiores a 20%, representando um nível definido de erosão, que compõe a Superfície Residual do Alto do Iguaçu, Pd2, constituindo uma das mais altas superfícies interplanálticas brasileiras nos níveis em torno de 1000-1100m. A drenagem é de baixa densidade com freqüente represamento, com formação de zonas hidromórficas, distribuindo-se ao longo do divisor Iguaçu / Ribeira / Planalto de Curitiba.

#### Serrania Costeira

Também denominado de Serra do Mar (MAACK, 1968), é destacada pelos grandes maciços granitóides soerguidos por falhamento constituindo uma serra marginal, que apesar da uniformidade do conjunto podem ser individualizadas em subzonas conhecidas por denominações locais: Serra dos Órgãos, Serra da Graciosa, Serra da Farinha Seca, etc.

#### Unidades Homogêneas de Relevo Associadas à Serrania Costeira

O setor Serrania Costeira, delimitado de modo similar ao setor planáltico com base em critério de classificação da natureza morfológica do relevo, teve identificados em sua configuração conjuntos de feições que permitiram a sua subdivisão nas seguintes unidades:

**Unidades de Montanhas em Bloco:** Apresentam vertentes ravinadas de perfis côncavos-convexos, representadas principalmente por maciços graníticos com topos angulosos e achatados, sustentando remanescentes de antigos planaltos, nos pediplanos Pd2 e Pd3, muito dissecados. As declividades são acentuadas, superiores a 20%, predominando declividades maiores que 45% com amplitudes médias superiores a 400m. A drenagem é de alta e média densidade com padrão dendrítico, localmente subparalela com vales em “v” profundos. Na prática constituem os grandes maciços serranos que se interligam para constituir a Serra do Mar, onde se concentram as maiores elevações do Brasil Meridional.

**Unidades de Escarpas:** Apresentam vertentes de perfis retílineos e topos angulosos ou localmente achatados. As amplitudes locais são superiores a 300m com declividades geralmente superiores a 45%. A drenagem é de alta densidade com padrão sub-retangular a

dendrítico. Instaladas nos maciços serranos, são constituídas preferencialmente de granitos e migmatitos.

Unidades de Montanhas Marginais: Constituídas por vertentes retilíneas em sua maioria, com topos angulosos e arredondados. Apresentam amplitudes locais acima de 200m e declividades acentuadas sempre acima de 20%, com predominância de declividades superiores a 45%. A drenagem é de alta densidade em padrão dendrítico a subparalelo com vales em geral fechados. Apresentam continuidade física com as montanhas, integrando o conjunto da Serra do Mar, representando uma diferenciação do controle litológico, em primeiro lugar, e, subsidiariamente, estrutural sobre antigas superfícies residuais rebaixadas, Pd2, Pd3, muito dissecadas.

ROCHA et al. (1992) compartimentaram as vertentes orientais da Serrania Costeira, na porção sul de tombamento da Serra do Mar relacionando-as superfícies de erosão e ou sedimentação onde as unidades geomorfológicas são caracterizadas com ênfase em solos, aplicando critérios de classificação do relevo de natureza morfológica e estrutural. Propõem a classificação das superfícies geomórficas nas unidades de relevo a seguir descritas:

- 1- Pediplanos Residuais ( Pd<sub>3</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>1</sub>), onde identificam-se sub-unidades: Pediplanos Residuais de Topos; Pediplanos Residuais Muito Dissecados, Pediplanos Residuais do Planalto e Pediplanos Residuais.
- 2- Pedimentos (P<sub>3</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>) onde se identificam as sub-unidades: Pedimentos Altos, Pedimentos Médios e Pedimentos Médios e Residuais Alongados Pedimentos Baixos.
- 3- Piemontes e Áreas Indiferenciadas (Pm<sub>0</sub>, Pm<sub>1</sub>, Pm<sub>2</sub>, Pm<sub>3</sub> e Pm<sub>4</sub>) onde se identificam as sub-unidades: Piemontes e Áreas Indiferenciadas Adjacentes a Pediplanos, Piemontes e Áreas Indiferenciadas Adjacentes a Pediplanos Altos, Piemontes e Áreas Indiferenciadas Adjacentes ao Planalto, Piemontes e Áreas Indiferenciadas Adjacentes a Pedimentos, Piemontes e Áreas Indiferenciadas Associadas a Patamares Estruturais de Falha.
- 4- Terraços ou Rampas Colúvio-aluvionares.
- 5- Vales onde se identificam as sub-unidades: Vales de Fundo Côncavo Amplo Dissecado.
- 6- Morros onde se identificam as sub-unidades: Morros Alongados Dissecados e Morros Dissecados.



Compondo o quadro geomorfológico da área em questão são ainda registrados dois conjuntos morfológicos no setor da planície litorânea, que se identificam em dois setores, a Planície litorânea e Orla Marinha e a Planície de Maré, sendo:

#### Planície Litorânea e Orla marinha

A planície litorânea terrígena comporta as seqüências sedimentares da formação Alexandra (pleistocênica em sua porção basal) e as rampas de deposição coluvial na zona de piemonte relacionadas a fases reativadas ciclicamente em passado recente, englobando ainda as planícies aluviais que em sua maior parte são coalescentes neste setor do território paranaense (BIGARELLA et al. 1978), e ainda as diversas formações plio-quadernárias de origem flúvio marinhas costeiras identificadas por MARTIN et al. (1988). Junto à faixa da orla, as restingas de origem marinha e natureza arenosa apresentam uma típica morfologia de feixes paralelos e subparalelos à linha de praia atual; a estas somam-se ainda depósitos de natureza eólica, que na região compõem duas faixas paralelas à linha de praia, as antedunas e as dunas, que avançam sobre a restinga.

#### Planície de maré

Identificada deste modo por ANGULO (1990), zona de inundação regular das marés em águas calmas da baía e foz dos principais rios, constitui os mangues relacionados aos ecossistemas denominados de manguezal. A esta unidade por analogia, por ser igualmente decorrente da sedimentação produzida por ação das marés, pode-se ainda inserir a faixa de praias propriamente ditas, as quais ocorrem a leste da área estudada.

### 3.2.6 Fitogeografia

Centralizada no “Setor da Cordilheira Marítima”, em área de transição na cobertura vegetal, o segmento da Serra do Mar, a área alvo da presente investigação, apresenta, em sua porção oriental, formações vegetacionais sob influência atlântica “Setor Litorâneo e Setor da Cordilheira Marítima”, formações classificadas em toda sua extensão como Floresta Ombrófila Densa, e no setor ocidental “Setor do Planalto Meridional”, florestas e campos com *Araucaria angustifolia* (Pinheiro-do-paraná), classificados como Floresta Ombrófila Mista e Estepe (IBGE, 1992). O contato ou ecótono dessas formações, segundo RODERJAN (1994), situa-se nas vertentes ocidentais da Serra do Mar a aproximadamente 1.000 m a.n.m., limite onde o

domínio da Floresta Ombrófila Mista com Pinheiro-do-paraná cede lugar à Floresta Ombrófila Densa, compondo um conjunto com flora bastante diversificada.

As florestas anteriormente mencionadas são as principais formações dos ecossistemas na área em questão, entre essas predomina a Floresta Ombrófila Densa, em parte devastada ou regenerada como mata secundária, cuja cobertura arbórea tem altura média oscilando entre 3-30 m. em função de condicionantes locais.

O conjunto florestal envolvido em face do generalizado desmatamento ocorrido em passado recente ( Tabela 3.4 e Gráficos 3.1 e 3.2) assume relevante importância, pois é parte da maior reserva florestal ainda relativamente preservada no Estado do Paraná, embora existam registros de devastação de parte da Floresta Ombrófila Densa na planície Litorânea e Piemonte da Serra do Mar, conforme Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná - 1965 (MAACK, 1968).

Entretanto, atualmente ainda são expressivas as extensões de terras cobertas com formações originais relativamente preservadas na faixa serrana e borda do planalto, bem como alguns remanescentes ainda que derivados em parte da sucessão pós-devastação, tanto na Planície Litorânea quanto no Primeiro Planalto, além de abrigar áreas expressivas com formações pioneiras no planalto e serra em campos de altitude com formações rupestres e na orla as restingas, mangue e vegetação da orla marinha pós-praia.

**Tabela 1.4: Áreas de floresta original remanescente no Estado do Paraná do período de 1930 a 1979.**

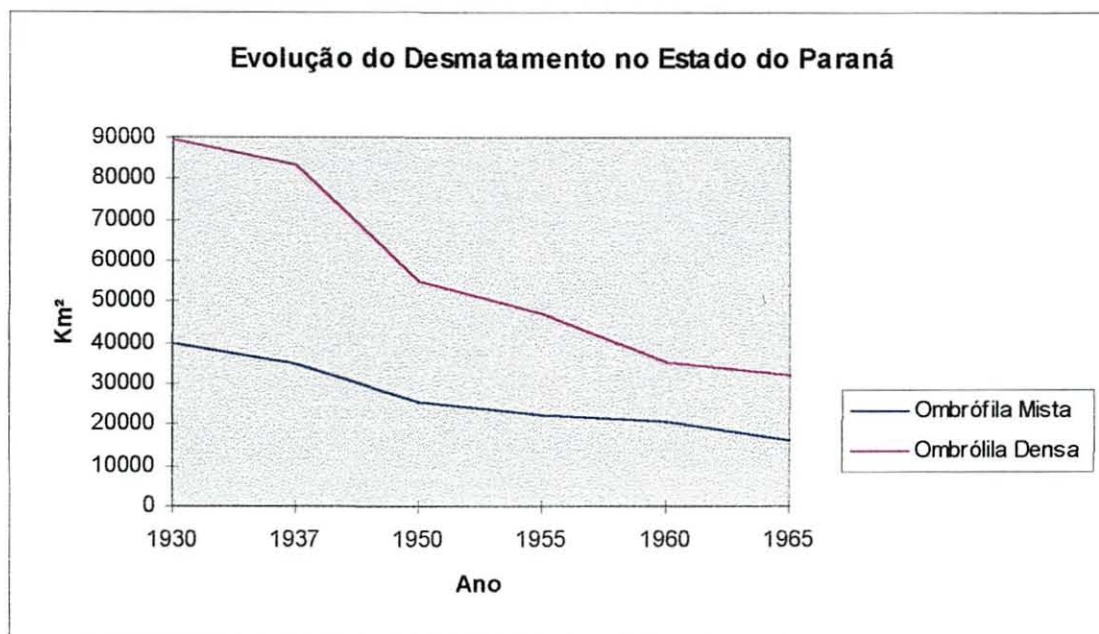
Conforme dados de MAACK (1968)<sup>1</sup> e CODESUL(1982)<sup>1</sup>.

ANO	Floresta Ombrófila	Floresta Ombrófila	Total (*)de Cobertura Florestal <sup>2</sup>
	Mista <sup>1</sup>	Densa <sup>1</sup>	
1930	39580	89444	167824
1937	34554	83468	129024
1950	25224	54610	118022
1955	22032	47104	79837
1960	20432	35204	69136
1965	15932	32204	55636
1973	s/d	s/d	17136
1977	s/d	s/d	10536
1978	s/d	s/d	10387
1979	s/d	s/d	10312

Unidade = Km<sup>2</sup> (\*) Totais relativos a todas formações florestais da cobertura original do Estado do Paraná; tais como: o cerrado e o mangue. s/d = sem dados

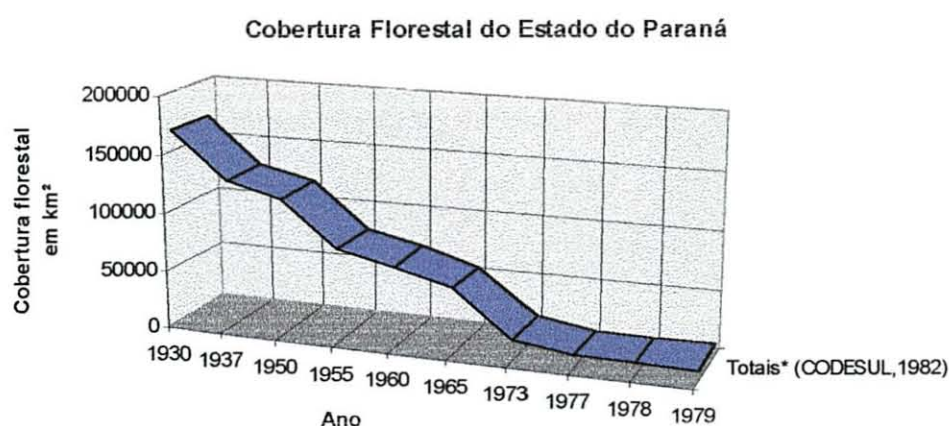
Sob o ponto de vista florístico vegetacional, conforme classificação proposta por RIZZINI (1979), a área em questão é parte da “Região Tropical Americana”, localizando-se na

“Sub-província Austro-Oriental” parte da “Província Atlântica”, englobando porções de três setores dessa sub-província, ou seja: o Setor Litorâneo, o Setor da Cordilheira Marítima e Setor do Planalto Meridional.



Elaborado conforme dados de MAACK(1968)

**Gráfico 3-1: Evolução do desmatamento das duas principais formações florestais no estado do Paraná:**



**Gráfico 3-2: Cobertura florestal do Estado do Paraná:**

Demonstrativo da evolução do espaço ocupado com áreas de floresta nativa no Estado do Paraná, onde originalmente a área florestada ocupava, segundo MAACK(1968), 168.482 km<sup>2</sup> ou aproximadamente 85% da superfície do Estado, das quais, em 1979 restavam em torno de 5%. Atualmente certamente essa área deve ser ainda menor, pois é de notório saber que mesmo as reservas com proteção legal, com relativa frequência sofrem a ação de depredação pela exploração ilegal de espécies de elevado valor comercial, ou mesmo o uso criminoso do fogo para transformação dessas reservas para uso agropecuário.

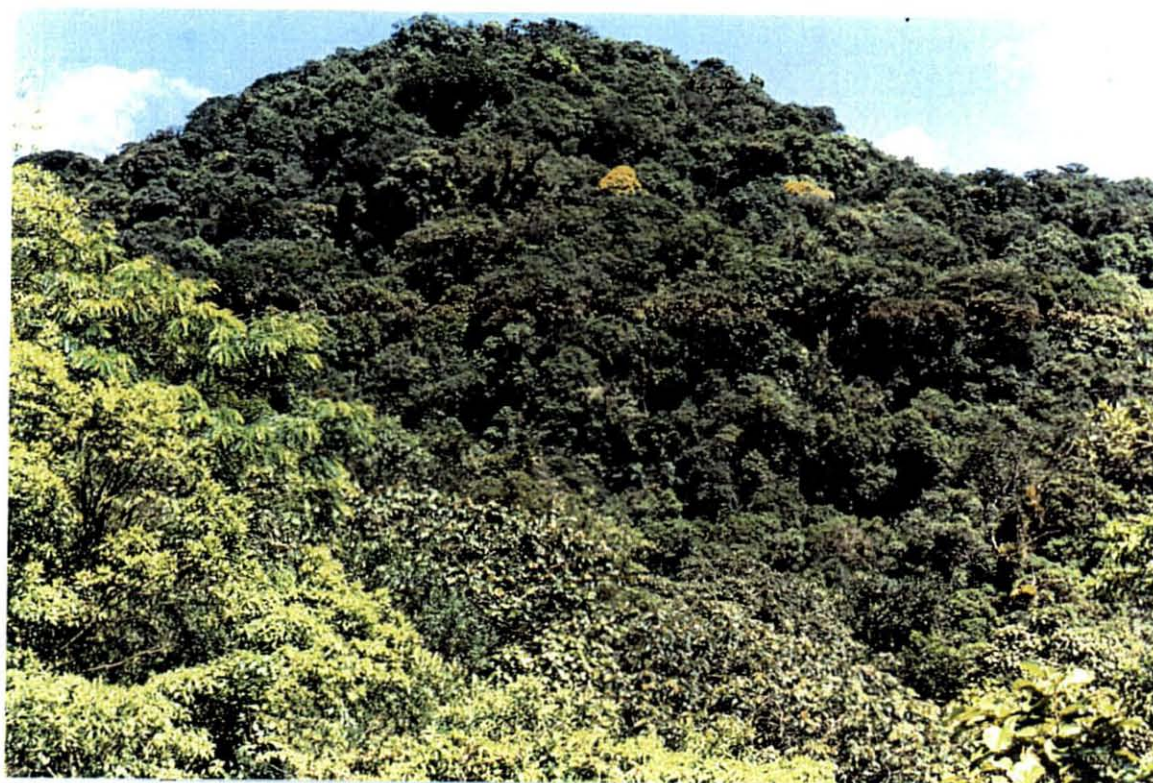
Setor Litorâneo e Setor da Cordilheira Marítima



A Mata Atlântica como é conhecida popularmente, situada na região ou zona de paisagem natural identificada como Litoral (MAACK, 1968-1981), a Floresta Atlântica (RIZZINI, 1963), subdividida pelo mesmo em Setor Litorâneo e Setor da Cordilheira Marítima, (RIZZINI, 1979), denominadas em função das subzonas a que foram enquadradas por MAACK de Mata Pluvial Tropical e Subtropical do Litoral e Serra do Mar, constituem a cobertura vegetal de maior expressão na área estudada.

#### **Domínio da Floresta Ombrófila Densa.**

Compreendida entre a vegetação pioneira da Orla Litorânea (mangues e restingas) e a vegetação do Primeiro Planalto do Paraná - subzona Planalto de Curitiba (MAACK op. cit.), desenvolve-se a Floresta Ombrófila Densa (Foto 3.3), identificada quanto aos aspectos fisionômicos e ecológicos como tal, conforme critérios do sistema de classificação internacional utilizado pela UNESCO (1973), e que originalmente foi aplicado no Brasil pelo projeto RADAMBRASIL (1982) e VELOSO et. al. (1991), e que passou a ser o sistema de classificação no Brasil a partir do Manual Técnico da Vegetação Brasileira publicado pelo IBGE (1992).



**Foto 3.3: Detalhe da Floresta Ombrófila Densa (PASSOS, E. 2000)**

A Floresta Ombrófila Densa cujo ecótono (contato) com as florestas e campos com *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) ocorre de forma nítida no limite do planalto com a Serra do Mar a aproximadamente 1000 metros de altitude (RODERJAN, 1994). Limite que deve ser bastante aproximado daquele que separa a Zona Ombrotérmica, em duas subzonas identificadas, conforme classificação proposta por LEITE (1995), como: Subzona Ombrotérmica Costeira, domínio da Floresta Ombrófila Densa, com suas diversas formações fitoecológicas, onde prevalece um clima de verão e inverno moderados.

Contrapondo-se à Subzona Ombrotérmica Planaltina, o domínio da Floresta Ombrófila Mista é caracterizada pela presença da *Araucaria*, onde via de regra os invernos são mais rigorosos e o índice pluviométrico significativamente inferior, especialmente quando comparado à faixa de maior expressão da Floresta Ombrófila Densa Montana no rio Ipiranga nas encostas orientais da Serra do Mar, onde ocorrem os maiores índices pluviométricos registrados no Estado do Paraná.

Tal contraste é verificado mesmo quando comparados os extremos das médias anuais de chuvas, ou seja conforme BIGARELLA et. al.(1978), a máxima de 5363,2 mm no ano de 1947 e mínima média anual de 2486,9 mm no Posto Rio Ipiranga - Véu da Noiva, contra a média máxima de 2905,0 mm no ano de 1947 e mínima de 1291,3 para o ano de 1924, nos Mananciais da Serra em Piraquara, situado nas vertentes ocidentais da Serra do Mar, onde igualmente se registram os maiores índices do planalto.

A principal formação vegetal, característica da região costeira, compreende grande parte da tipologia florestal brasileira, também conhecida como Mata Pluvial da Encosta Atlântica por RICHARDS (1979). Dada sua fisionomia característica de formações tropicais, essa floresta passou a ser classificada pelo projeto Radambrasil e outros (RADAMBRASIL, 1982; VELOSO et al. 1991; IBGE, 1992) como: Floresta Ombrófila, acompanhada do termo Densa ou Aberta em função de suas características, seguindo os critérios dessa classificação originalmente proposta por ELLENBERG e MUELLER-DOMBOIS (1966).

A Floresta Ombrófila Densa é a “classe de formação mais pujante, heterogênea e complexa do sul do Brasil de grande força vegetativa, capaz de produzir naturalmente de curto a médio prazos, grandes volumes de biomassa”. Essa floresta é composta por uma cobertura arbórea com alturas médias de 20 a 30m, com significativas variações em função de fatores

locais, entre 30 e 1.000 m. de altitude apresenta o seu máximo desenvolvimento e complexidade em sua composição florística, particularmente no nível submontano onde tem maior exuberância, contando com espécies típicas como o palmito que se desenvolvem até a altitude de 600 m a.n.m., conforme SEMA/PR(1996). Tal é o seu grau de desenvolvimento que foi considerada, por KLEIN (1978), como “sendo talvez a melhor expressão do “clímax climático regional”, caracterizada pela sua grande diversidade de espécies (macro, meso, micro e nanofanerófitas) e formas de vida (heliófitas, umbrófilas ou esciófilas) compondo vários estratos (IBGE, 1992).

Nas encostas da Serra do Mar onde o solo apresenta maior desenvolvimento em face da declividade do terreno, segundo KLEIN(1978), “a Floresta Pluvial Atlântica apresenta uma homogeneidade fitofisionômica única, quando comparada a qualquer outro tipo de floresta latifoliada do Brasil”. Destaca ainda que nesta formação o estrato superior é dominado pela Canela preta (*Ocotea catharinensis*), a qual apresenta-se em todos os estágios de desenvolvimento (desde espécimes jovens até velhos), e com frequência estão associadas à essa espécie, compondo o estrato arbóreo superior, as seguintes árvores: o Guatambu (*Aspidosperma olivaceum*), a Canela fogo (*Cryptocarya aschersoniana*), *Sloanea guianensis*, *Copaifera trapezifolia* e *Guapira opposita*. Fazem ainda parte compondo o estrato médio: Laranjeira-do-mato (*Actinostemon concolor*), Palmito (*Euterpe edulis*), Bacopari (*Rheedia gardneriana*), Coração-de-bugre (*Pera glabrata*), *Cayptrates eugeniopsoides*, *Ocatea teleiandra*, *Sorocia bonplandii*, *Maytenus alaternoides*, e em estrato inferior são freqüentes: a Pimenteira de folhas largas (*Rudgea jasminioides*), Gamiova palheira (*Geonoma gamiova*), Gradiuva d’anta (*Psychotria suterella* e *P. nuda*).

Das referidas espécies entre inúmeras outras encontradas nas encostas da serra, a quantidade relativa e frequência dependem dos diferentes estágios sucessionais e das condições edáficas, os quais determinam o tipo de associação florística (VELOSO e KLEIN, 1961).

Devido a fatores locais e à topografia diferenciada, no rumo leste-oeste as vertentes ocidentais, mais curtas em assimetria com as vertentes orientais, conforme constatação, apresentam o ecótono dos dois subgrupos de formações pertencentes aos domínios fisionômicos relacionados à Floresta Ombrófila Densa e à Floresta Ombrófila Mista na porção ocidental da Serra do Mar, abaixo da cota de 1.000 m. a.n.m. no planalto de Curitiba, onde o conjunto fisionômico é nitidamente destacado quando há presença do pinheiro-do-paraná

(*Araucaria angustifolia*), o qual tem seu melhor desenvolvimento, nas superfícies aplainadas Pd<sub>1</sub> relacionadas a esse, onde são encontrados os solos mais desenvolvidos da região.

A diversificação ambiental devida a fatores locais e à topografia diferenciada resultam numa cobertura vegetal de transição, entre os subgrupos fitogeográficos compreendidos pela Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista, a partir das encostas ainda na porção ocidental da Serra do Mar, acima da cota de 1.000 m. a.n.m. Isto facilita sua subdivisão fisionômica em cinco subformações, conforme critérios do esquema de classificação da vegetação brasileira adotado pelo IBGE (1992) as quais são: 1- Aluvial; 2- Terras Baixas; 3- Submontana; 4- Montana; 5- Altomontana; cada uma comportando comunidades características e mesmo associações.

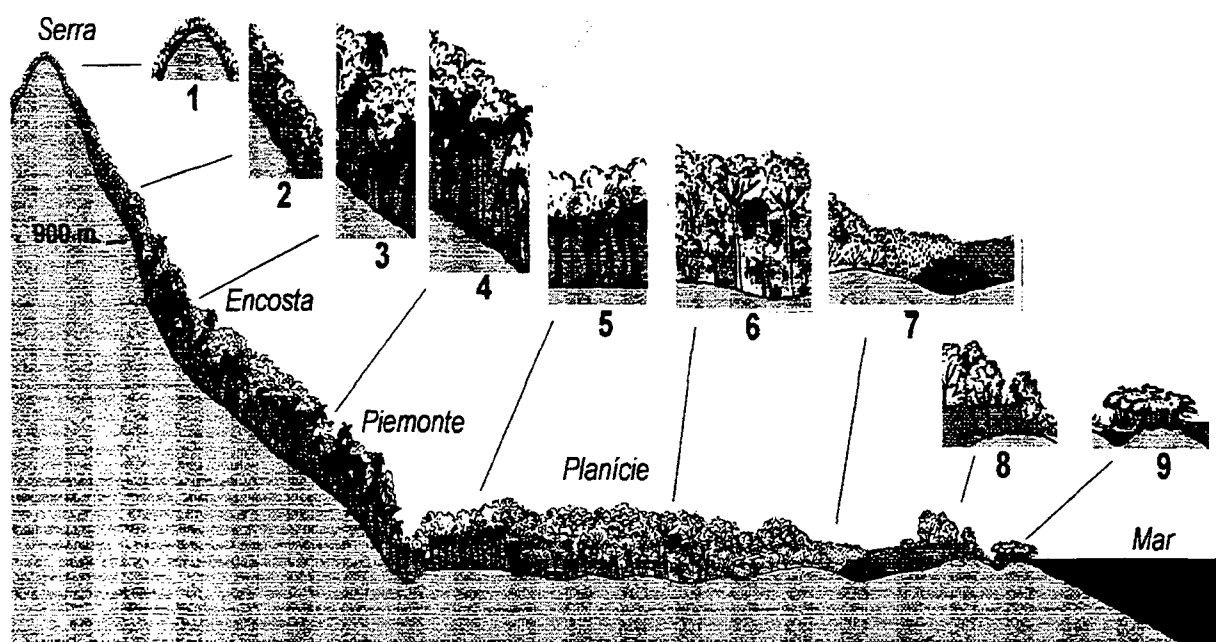
No Estado do Paraná, a Floresta Ombrófila Densa em questão desenvolve-se na região leste distribuída pela planície onde apresenta variações locais em face de fatores edáficos, projetando-se em direção à Serra do Mar em topossequências, onde a diferenciação entre espécies e o escalonamento arbóreo são determinados pelas diferenças microclimáticas e especialmente hídricas e edáficas, e que são fatores ecológicos bastante condicionados ao relevo local e regional (vide abordagem específica em fitogeomorfologia). Tais características permitem identificar junto à Serra do Mar, segundo KLEIN (1979), e classificar três zonas de relevo quanto às relações de disponibilidade de água e vegetação: 1) Fundo de vale e início de encostas - “domínio das higrófitas”; 2) Meia encosta - “domínio das indiferentes”; 3) Altas encostas - “domínio das xerófitas”.

A variabilidade da composição florística e estrutural na Floresta Ombrófila Densa, extensivamente estudada em nível regional por VELOSO e KLEIN (1959/1961/1963/1968) e RIZZINI (1979), entre outros, localmente pode ser confirmada com base em estudos florestais locais de: SILVA, (1985); RODERJAN e KUNIYOSHI, (1988); RODERJAN e STRUMINSKI, (1992); ZILLER(1992); GUAPYASSÚ (1994); RODERJAN, (1994), os quais, embora em sua maioria não sejam, trabalhos, específicos voltados aos propósitos fitogeográficos no sentido biogeográfico amplo, demonstram que a sua variação espacial florística e estrutural, é condicionada a fatores ambientais ou biogeográficos presentes e passados.

A natureza geográfico-geológica da área litorânea e Serra do Mar, segundo KLEIN (1978), impõe ao domínio fitogeográfico Regional da Floresta Ombrófila Densa de natureza



tropical notável diferenciação no revestimento florístico, que tende a um estágio de caráter mais mesofítico, “clímax regional, sem no entanto deixar de preservar ambientes diversos de caráter mais xerofítico e mesmo hidrofítico”. As espécies arbóreas do último encontram-se, conforme VELOSO e KLEIN (1961), em franca substituição por espécies de caráter mais mesofítico tanto nas encostas mais elevadas quanto nas planícies aluviais, fato atribuído por esses autores a uma ocupação pioneira ou consequência de uma mudança climática. A respeito das tendências evolutivas observam, ainda, que é “verificado em quase todas associações florísticas desta região uma lenta sucessão tendendo ao *Ocotietum*”, caracterizado pelo predomínio da *Ocotea catharinenses*, o qual aparenta ser o “estágio florestal mais evoluído, indicando um equilíbrio dinâmico entre as condições edáficas regionais e o clima atual”.



**Figura 3-12: Perfil fitogeográfico esquemático da vegetação da porção oriental da Serra do Mar e Planície Litorânea.:**

Associação dos Campos de Altitude com Refúgios Vegetacionais Rupestres de Altitude 2- Floresta Ombrófila Densa Altomontana, floresta com caráter mais xerofítico. 3- Floresta Ombrófila Densa Montana, com diferenças na distribuição das árvores em função do solo e declividade. 4- Floresta Ombrófila Densa Submontana, na média encosta, com diferenças na distribuição das árvores em função do solo e declividade. 5- Associação da Floresta Ombrófila Densa de Terras baixas com diferenças na distribuição das árvores em função do solo e de Floresta Ombrófila Densa Aluvial, da planície litorânea. 6- Formações pioneiras com influência fluvial associada a restinga ou de transição baixas com diferenças na distribuição das árvores em função do solo e nível freático. 7- Associações de Formações pioneiras de restinga e das áreas de dunas sobre cordões com diferenças na distribuição das árvores em função do nível freático. 8- Formações Pioneiras com Influência Marinha (praias, antedunas, dunas, cordões e intercordões. 9- Formações Pioneiras com Influência Flúviomarinha (Manguezais e Campos Salinos) na distribuição em função do nível da maré. Nomenclatura conforme IBGE(1992), e figura adaptada de VELOSO e KLEIN (1961) e BIGARELLA(1978).



A partir do limite com as águas oceânicas e da baía estendendo-se até os divisores no alto da Serra do Mar (Figura 3.12), no domínio da Floresta Ombrófila Densa, conforme KLEIN (1978), são diferenciadas nove zonas vegetacionais identificadas como:

1. Zona de Associação Pes-caprae (faixa pós-praia).
2. Zona de Antedunas ou de pequenas dunas de retenção.
3. Zona de Restingas.
4. Zona de Manguezal e baixios.
5. Zona da Planície Costeira.
6. Zona das Florestas de Baixa Encosta.
7. Zona das Florestas de Média Encosta.
8. Zona das Florestas de Alta Encosta.
9. Zona dos Campos Limpos com arbustos isolados.

RODERJAN (1994), estudando o gradiente da floresta atlântica no morro Anhangava, na Serra do Mar, em área adjacente ao objeto do presente estudo, identifica e justifica a compartimentação local da unidade fitoecológica Floresta Ombrófila Densa, proposta no sistema de classificação do IBGE (1992), em dois ambientes distintos com marcantes diferenças fitofisionômicas: a Floresta Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Densa Altomontana, separadas por uma faixa de transição pouco definida.

A fitofisionomia das formações litorâneas e serranas associadas à região de domínio da Floresta Ombrófila Densa, a seguir sintetizada, baseia-se nos registros de KLEIN in BIGARELLA (1978), e Plano de Manejo do Parque Estadual do Pico do Marumbi, (SEMA/PR, 1996), complementada com informações de outros autores citados ao longo da descrição que segue, cuja classificação e nomenclatura estão baseadas em sistema anteriormente mencionado adotado pelo IBGE (1992), e que possibilita individualizar na porção da área pesquisada referente às zonas do Setor Litorâneo, o Setor da Cordilheira Marítima as Formações: Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Floresta Ombrófila Densa Submontana, Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Altomontana, além das formações pioneiras: Associação Pioneira Pes-caprae, Associação Pioneira Faixa de Antedunas e de Pequenas Dunas de Retenção, Associação de Pioneiras de Restingas, Associação da Formação Pioneira Manguezal ,

Associação da Formação Pioneira de Cladium, Associação da Formação Pioneira do Litoral Rochoso e os Sistemas de Refúgios Vegetacionais; sendo:

**1. Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas:** Na planície costeira desde a área piemonte e pelos vales amplos de menor gradiente, onde se desenvolvem planícies de inundação atingindo a cota de aproximadamente 50 metros, até a zona onde predominam as pioneiras sob influência flúvio-marinha e marinha, destaca-se a comunidade vegetal onde predominam no estrato superior espécies higrófilas associadas a espécies indiferentes, (KLEIN, 1979), a qual encontra-se em grande parte devastada ou muito degradada em face da intervenção antrópica especialmente decorrente da atividade agrícola, situação esta já registrada por MAACK (1958) no Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná. Originalmente com cobertura florestal densa e contínua, hoje segmentada pela ocupação e uso da terra, quando preservada apresenta em sua estrutura dividida por KLEIN (1978), três estratos sendo constituídos: o superior pela composição predominante das espécies Tanheiro (*Alchornea triplinervia*), Leiteiro (*Brosimopsis lactescens*), Figueira de folha miúda (*Ficus organensis*), Bagaçu (*Talauma ovata*) *Ficus gomelleira*, Caxeta amarela (*Chrysophyllum viride*), Guacá de leite (*Pouteira venosa*); o estrato intermediário composto com maior frequência pelas espécies *Guapira opposita*, *Mitranthes glomerata*, Guamirim vermelho (*Gomidesia spectabilis*) e Canela pimenta (*Ocotea teleiandra*) e o inferior destaque para Içara ou Juçara (*Euterpe edulis*). Nesse ambiente estudado por Klein op. cit. e VELOSO e KLEIN (1961) registra-se a presença de espécies seletivas Canela branca (*Nectandra pichurim*), a Figueira purgante (*Ficus insipida*) e *Ficus gameleira*. A SEMA/PR, (1996) registra 45 espécies freqüentes nas florestas secundárias bastante comuns na área de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, destacando como espécies mais abundantes com mais de 5% porém inferior a 10%, a Caúna, o Guamirim, a Cupiúva, a Canela Lajeana e como espécie dominante o Guanandi com 28,3% e abundância de 4,7 %.

**2. Floresta Ombrófila Densa Aluvial:** Em plainos aluviais que adentram a Serra do Mar por vales profundos em segmentos ribeirinhos com planícies de inundação acima da cota de 40 m, destacam-se a *Sloanea guianensis* (Laranjeira-do-mato), *Euterpe edulis* (palmito) *Nectandra pichurim* (canela branca) *Ficus gameleira*, *Ficus insipida* (figueira purgante), as espécies indiferentes *Alchornea triplinervia* (Tapiá-guaçu) além de: *Aspidosperma camporum*, *Aspidosperma ramiflorum*, *Pterocarpus violaceus* (sangueiro) *Inga sessilis* (ingá macaco).

**3. Floresta Ombrófila Densa Submontana:** As características tropicais do clima exercem notória influência no desenvolvimento contínuo da formação ombrófila densa SEMA/PR (1996) a qual mantém em seu interior úmido e mal ventilado um sub-bosque cuja feição característica deve-se à presença de diferentes espécies de palmeiras, onde se destaca o palmito, além da sua riqueza em epífitas e o solo recoberto por espesso manto de detritos. Esta formação é caracterizada por um grupo heterogêneo de espécies que raramente são encontradas acima da altitude de 600 m a.n.m. A Floresta Ombrófila Densa Submontana desenvolve-se, portanto, nos baixos divisores e pequenas elevações ou morrotes com altitudes superiores a 40 m a.n.m., distribuídos na planície litorânea e mesmo em ilhas na baía de Paranaguá e no piemonte ou porção inferior das encostas da Serra do Mar avançando até aproximadamente 500 a 700 m em média 600 m. Predominam espécies seletivas hidrófilas, sendo: a Laranjeira-do-mato (*Sloanea guianensis*), a Içara ou Juçara (*Euterpe edulis*), Caburê ou Cabreúva (*Myrocarpus frondosus*), a Estoupeira, o Pinho-bravo (*Podocarpus lambertii*), o Guapuruvu (*Schyzolobium parayba*), o Guatambu, o Ipê-amarelo (*Tabebuia cf. alba*) e a Maçaranduba (*Manilkara subsericea*), registrando-se uma progressiva substituição de: *Aspidosperma camporum*, *Aspidosperma ramiflorum*, Sangueiro (*Pterocarpus violaceus*) Ingá-macaco (*Inga sessilis*), bem como de espécies indiferentes Tapiá-guaçu (*Alchornea triplinervia*). Segundo SEMA/PR.(1996) entre as localidades de Véu de Noiva e Marumbi abaixo de 650 metros de altitude ocorrem: a Bocuva (*Virola oleifera*), a Canjerana (*Cabralea canjerana*), a Licurana ( *Hyeronima alchorneoides*) e lauráceas Canela (*Nectrandia sp.*) e Canela guaica (*Ocotea puberula*); no sub-bosque registra-se a espécie conhecida como Queima casa (*Bathysa meridionalis*), entre 52 espécies freqüentes nas Florestas Secundárias bastante comuns na área de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa Submontana, onde a dominante é o Miguel Pintado com 14,52 % e as mais abundantes são o Palmito com 16,71 % e a Brejaúva com 15,67 %.

**4. Floresta Ombrófila Densa Montana:** Situada na média encosta e abrangendo topos, divisores intermediários, bordas de planalto e escarpas, entre 500 a 1.200 m de altitude. Onde efetivamente a Floresta Ombrófila Densa manifesta o clímax climático, formando a associação florística mais heterogênea da região, segundo KLEIN in BIGARELLA (1978). A floresta é composta por: Lauráceas ( Canelas) mirtáceas, rubiáceas no sub-bosque e leguminosas de grande porte, bem como Guatambu, Ipê-amarelo, Licurana, Canjerana, Cedro

(*Cedrela fissilis*), Tapiá, Guapeva (*Pouteria torta*) Guaraparim (*Vantanea compacta*), no estrato médio ocorre a redução do palmito que praticamente desaparece aos 800m a.n.m. estando presentes neste estrato espécies como Gramimunha (*Weinmannia sp*) Ingá feijão (*Inga marginata*), Baga de macaco (*Posoqueria latifolia*), o Pixiricão (*Miconia cabucu*), a Almíscar (*Protium kleinii*), Guaraperê (*Lamanonia speciosa*), os guamirins e canelas. No estrato herbáceo arbustivo ocorrem bromeliáceas, epífitas, pteridófitas, melastomáceas e rubiáceas, além de palmáceas como a guaricana (*Geonoma schottiana*). Ainda registram-se as espécies: Carvalho (*Roupala sp*), Baga-de-pomba ou Murici (*Byrsonima ligustrifolia*), Caroba (*Jacaranda sp*), o Cuvatã ou Miguel pintado (*Matayba sp*), o Jequetibá (*Cariniana estrellensis*), e a Carne-de-vaca (*Clethra scabra*), Laranjeira-do-mato, Guapuruvu, Leiteiro, Ingá (*Inga sp.*), Jequitibá (*Cariniana estrellensis*). Entre os cumes Facãozinho e Boa Vista na Serra do Marumbi há o registro de Erva-mate (*Ilex paraguariensis*).

**5. Floresta Ombrófila Densa Altomontana:** Identificada por Maack e Klein como mata nebular, localiza-se nas porções elevadas nos altos divisores e junto aos topos mais elevados da Serra do Mar. Trata-se de vegetação arbórea bastante seletiva e xerofítica, apresentando adaptações especiais como a redução significativa do porte (3,5 metros em média, segundo RODERJAN (1994), na Serra da Baitaca e 1,5 metro no pico do Marumbi, conforme SEMA/PR(1996), e dossel muito denso e (RODERJAN e STRUMINSKI, 1992). Tais adaptações decorrem das condições de solos rasos e de drenagem rápida, ventos constantes e intensos e temperaturas amenas no verão, tendo como principais espécies xerófitas adaptadas: Gramimunha, Mangue-do-mato (*Clusia criuva*), Cataia, ou Casca d'anta (*Drimys brasiliensis*); as aquifoliáceas: *Ilex dumosa* e *Ilex theezans*, Caúna (*Ilex microdonta*), Cocão (*Erythroxylom cuspidifolium*), a Orelha-de-onça (*Symplocos celastrina*) e mirtáceas dos gêneros *Eugenia*, *Myrcia* e *Myrceugenia* (guamirins e cambuí), além do Ipê-da-serra (*Tabebuia catarinensis*). Observa-se o avanço de espécies características da formação montana, porém com desenvolvimento reduzido (SEMA/PR, 1996), como: Guaraperê, Ipê-amarelo, Carvalho (*Roupala sp.*) Baga-de-pomba ou Murici, Caroba (*Jacaranda sp*), o Cuvatã, Ipê da serra (*Tabebuia catarinensis*), Miguel-pintado e a Carne-de-vaca (*Clethra scabra*), Peroba (*Aspidosperma olivaceum*), e Pinho-bravo. No estrato herbáceo arbustivo pteridófitas (*Gleichenia* e *Polystichum spp*); bromélias (*Vriesia spp*); gramíneas (*Panicum sp*);

compostas como: a Vassourinha e Carqueja (*Baccharis spp*) e taquarais dos gênero *Chusquea* e taquara lisa (*Merostachys multiramea*) e a orquídea (*Sophranites coccinea*).

#### 6. Associação de Formações Pioneiras Com Influência Marinha - “Pes-caprae”:

A área sob forte influência da dinâmica marinha, localizada imediatamente após a linha de praia, é coberta pela formação pioneira de natureza psamófila, segundo RODERJAN e KUNIYOSHI (1988), identificada por KLEIN (1978) como vegetação pes-caprae típica, composta principalmente pelas espécies: *Ipomoea pes-caprae*, *Canavalia obtusifolia*, Roseta da praia (*Acicarpa spathulata*), *Iresine portulacoides*, *Hidrocotyle bonariensis* sin.: *H. umbellata*; as gramíneas *Sporobolus virginicus*, *Panicum racemosum* e *Stenotaphrum secundatum*; a ciperácea (*Remirea maritima*); e a liliácea (*Dracaena* sp).

7. Associação de Formações Pioneiras Com Influência Marinha - “Faixa de Antedunas e de Pequenas Dunas de Retenção”: Em área de sedimentação arenosa recente ou atual de origem eólico-marinha, conforme MARTIN et al. (1988), igualmente coberta pela Formação Pioneira de natureza psamófila, segundo RODERJAN e KUNIYOSHI (1988), desenvolvem-se algumas espécies da vegetação pes-caprae com pequenos arbustos de espécies como: *Verbena*, *Dodonaea* e *Psidium*, nas dunas de retenção são presentes na cobertura vegetal arbustiva arbórea (entre 3 a 4 metros), segundo KLEIN (1978) altura predominando a associação das árvores *Psidium* (Araçá), (*Pithecolobium*) timbouva e Cocão (*Erythroxylon cuspidifolium*).

8. Associação de Formações Pioneiras Com Influência Fluvial e Marinha - “Faixa Aluvial com Restingas”: Sobre os feixes de restinga dissecados pelas transgressões marinhas quaternárias (BIGARELLA, 1965) alternados por sedimentos argilosos e arenosos de lagunas e baías podendo ser recobertos por turfa, MARTIN et al. (1988), desenvolve-se um ambiente integrado de aspecto pantanoso onde ocorrem a Taboa (*Typha domingensis*) e o Lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*), incluindo ainda pequenos baixios lodosos sistematicamente inundados na preamar e emersas na baixa mar, onde se instalaram os manguezais nos pontos mais afastados da influência direta da ação mar e com nível do lençol freático ligeiramente rebaixado, encontram-se as Formações Pioneiras com Influência Fluvial onde ocorrem os caxetais (*Tabebuia cassinoides*) que atingem maior porte sobre solos com maior desenvolvimento passando abrigar em seu sub-bosque outras espécies arbóreas como: Mangue-do-mato, a Caroba, Jacarandá lombriga (*Andira anthelmintica*), Jacatirão

(*Tibouchina reitzii*) entre outras arbóreas, arbustivas, pteridófitas, bromeliáceas, epífitas, (RODERJAN e KUNIYOSHI, 1988). Os cordões de restinga propriamente ditos, são cobertos por vegetação de caráter sub-xerofítico, (MAACK, 1968), ou xerofítico, segundo LEITE (1995); identificada como vegetação edáfica, a Restinga constitui a zona de transição entre as áreas de formações pioneiras e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, situada na planície quaternária costeira (RODERJAN e KUNIYOSHI op. cit.). A Restinga propriamente dita é composta por diversos grupos vegetais, dentre os quais, segundo KLEIN (1978), destacam-se: mirtáceas, lauráceas, euforbiáceas, melastomataceas, pteridófitas, bromeliáceas, epífitas, orquídeas, lianas e palmáceas. Dentre estes sombreassem-se as seguintes espécies arbustivas e arbóreas: Cambará (*Lantana undulata*), Manjuvoca (*Ternstroemia brasiliensis*), Mangue-bravo (*Clusia criuva*), Aroeira (*Schinus* sp.), Baunilha (*Vanilla chamissonis*), Carqueja (*Baccharis trimera*), Caúna, Timbouva e a Caxeta. A riqueza da diversidade ambiental das restingas é determinada pela alternância de faixas de ambientes hidrófilos e xerófilos (situados sobre antigas depressões intercordões e os antigos cordões arenosos), que colocam a restinga na condição de um verdadeiro mosaico vegetal diferenciado, sendo classificada por LEITE (1995) na situação de tensão ecológica, entre os agentes do mar e os continentais especialmente nas faixas mais próximas à linha de praia.

**9. Associação da Formação Pioneira com Influência Fluvio-marinha - “Manguezal”:** Situada nas áreas baixas junto a restingas nas bordas da baía de Paranaguá e nas suas ilhas e adentrando as margens de alguns rios configuram-se os baixios lodosos sistematicamente inundados na preamar e emersos na baixa mar, onde se instalaram os manguezais. Inconfundível em sua cobertura a Formação Pioneira sob Influência Fluvio-marinha de natureza halófila, é muito especializada e seletiva, distribuída junto às águas calmas dos estuários interiores da própria baía. Compõem-se por poucas espécies identificadas quanto ao gênero como: Mangue-vermelho (*Rizophora mangle*), Mangue-amarelo (*Avicennia schaueriana*) este gênero pertence à família *aviceniáceas* e possui quatro espécies no Novo Mundo *Avicennia germinas* (antes *Avicennia nitida*) *Avicennia schaueriana* (sinônimo de *Avicennia tormentosa*), *Avicennia bicolor* e *Avicennia londuzii* conhecidas, respectivamente, pelas denominações populares de Siriúba, Seriba, Mangue-amarelo e Mangue-branco. A essa associação da formação pioneira incorpora-se a “Zona de Cladium”. Formação característica das áreas de transição quando o mangue aproxima-se da faixa de entre marés inundadas com

menor frequência; junto à restinga o mangue pode ser substituído por uma vegetação aberta ou quase ausência de vegetação, a qual geralmente apresenta densa cobertura herbácea (*Cladium jamaicense*) e na porção inferior vegetação esparsa composta de *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa*, *Salicornia*, *Paspalum vaginatum* e *Cyanophyta*.

**10. Associação da Formação Pioneira do Litoral Rochoso:** Com raras ocorrências na área pesquisada e com dimensões muito reduzidas, ocorrem pequenos blocos rochosos em forma de matacões que mantêm contato direto com as águas da baía onde acima da zona atingida pelas marés desenvolvem-se líquens e xerófitas caracterizadas pela bromeliáceas (*Dickya enchliriodes*), cactáceas (*Gesneria aggregata*) e Cambará-branco (*Lantana nivea*); localmente registrou-se a presença da Aroeira. Há menção ainda de várias pteridófitas e orquidáceas (STELLFELD, 1949).

**11. Sistema de Refúgios Vegetacionais:** Localmente constituído pela associação dos Campos de Altitude com vegetação rupestre, situados nas porções mais elevadas da Serra do Mar (acima de 1.250 m de altitude segundo RODERJAN (1992), ou 1.350 m de altitude, conforme MAACK (1968), nos topos dos altos divisores em função da combinação de fatores ambientais desenvolvem condições especiais. Identificado segundo RODERJAN (1992), como Altomontano Herbáceo, ou Campos de Altitude, segundo MAACK (1968), onde predominam as espécies seletivas xerofíticas como formação gramínea arbustiva, ocorre no domínio de bambusáceas anãs compondo os caratuvaís dos gêneros *Chusquea* e *Eragrotis*, as gramíneas *Paspalum spp* e *Cladium ficticium* e ciperáceas, entremeadas por ervas como a carqueja, cactos, bromélias, orquídeas e arbustos de compostas, ericáceas e melastomatóceas, segundo SEMA/PR(1996) *Croton splendidus*, *Mimosa congestifolia* e *Tabebuia catarinensis*. Associada a essa vegetação ocorre a vegetação muito característica em pequenas depressões ocupadas por turfeiras onde se desenvolvem os musgos do gênero *Sphagnum*, coabitados por bromélias terrestres, xiridáceas, eriocauláceas e iridáceas (MAACK, 1968; KLEIN, 1981). A vegetação do Refúgio Vegetacional Rupestre, bem conservada segundo SEMA/PR(1996), e “muito provavelmente endêmica devido às condições extremamente xeromórficas do ambiente em que se encontra.” Essa vegetação pioneira na sucessão vegetal primária, diretamente assentada sobre o substrato rochoso é composta por: líquens, musgos e espécies altamente especializadas como: a planta insetívora (*Drosera sp*), cactos, bromélias e orquídeas. Além de algumas Asteráceas universais pouco exigentes, como a Carqueja e a Marcela (*Achyrocline*

*satureoides*), assim como a ocorrência de espécies características do ecossistema campo de altitude, como as gramíneas e ciperáceas (*Cladium ficticium*) e bambus ( família das poáceas).

### **Setor do Planalto Meridional:**

Nas vertentes ocidentais, o planalto conforme MAACK (1981), entre 500 e 1.100 m a.n.m.; localmente 700 a 900 m a.n.m, segundo RODERJAN (1994), desenvolve-se a Floresta Subtropical com Araucária associada a planícies com matas ciliares e campos edáficos nas várzea mais amplas, onde se registram ainda a ocorrência de capões de mata com presença da Araucária (Pinheiro-do-paraná), todos inseridos no domínio do conjunto identificado, de acordo com IBGE (1992), como Floresta Ombrófila Mista com sua espécie característica a Araucária ou Pinheiro-do-paraná associada à Formação de Estepe (campos) onde se destaca uma espécie de gramínea a *Paspalum notatum*, “com grande adaptação às diferentes condições edáficas, representam as espécies mais expressivas neste disclimax” (KLEIN, 1962).

Tais fatos, anteriormente descritos, impõem ao conjunto de Campos edáficos e Campos com Capões de Araucária uma situação de diferenciação florística, fisionômica e ecológica que permitiu identificar como “vegetação relíquia” (MAACK, 1968) e que sendo preservado por condições especiais como formação florística, segundo critérios de classificação definidos por VELOSO et al. (1991), permite enquadrá-lo como uma associação constituída por “Refúgios Vegetacionais”.

A região de domínio da Floresta Ombrófila Mista distribuída no Primeiro Planalto do Paraná, no presente caso situada na subzona Planalto de Curitiba (MAACK, 1968), tem sua fitofisionomia diferenciada por formações vegetais planálticas diversas associadas à Floresta Ombrófila Mista e a Estepe. Isto permite classificar essa porção da área estudada como uma área de transição, pois numa faixa bastante estreita registra-se o contato da Floresta Ombrófila Mista com a Floresta Ombrófila Densa e a Estepe Ombrófila, além de existirem Refúgios Ecológicos associados, o que indica tratar-se também de uma área de tensão ecológica, pelo fato de esses últimos constituírem disjunções ou encraves.

Nessa área de contato da Floresta Ombrófila Mista / Floresta Ombrófila Densa manifestam-se de modo inconfundível relações fitogeomorfológicas em que a combinação de fatores ambientais limita os processos de sucessão característicos da dinâmica da substituição da vegetação e impede o desenvolvimento de situações clímax; desse modo de certa maneira



preservam-se as formações relictuais localmente identificadas por MAACK (1968.), KLEIN (1962).

### **Domínio da Floresta Ombrófila Mista**

A fitofisionomia das formações planálticas associadas à região de domínio da Floresta Ombrófila Mista (Foto 3.4), a seguir sintetizada, baseia-se no registro de KLEIN (1962) efetuado com base em dados obtidos de fotografias aéreas de 1952 e levantamentos de campo, apresentados em Planta Fitogeográfica que abrange o setor noroeste da área em questão, onde ocorrem as quatro principais unidades fitogeográficas, (sendo colocado entre parênteses a nomenclatura adotada pelo IBGE, 1992, aplicada para detalhar a classificação fitoecológica da vegetação do sul país por LEITE, 1995), presentes nessa porção planáltica, ou seja, os Campos e Capões (Estepe Gramíneo-Lenhosa); Campo edáficos das Várzeas (Formação Pioneira com Influência Fluvial); Matas de Galeria (Formação Floresta Ombrófila Mista Aluvial) sendo:



**Foto 3.4: Detalhe da Floresta Ombrófila Mista:**

Aspecto da Floresta Ombrófila Mista, localidade próxima a Serra do Mar, (PASSOS,E. 2000).

1. **Campos e Capões (Estepe Gramíneo-Lenhosa):** Trata-se de uma associação estepe - floresta, originalmente disposta nos setores sul, leste e nordeste a partir da cidade de Curitiba, onde predominavam os campos (Estepe, conforme IBGE,1992), já então bastante alterados pelo pastoreio de ocupação secular, onde marca presença a espécie dominante a gramínea (*Paspalum notatum*) (40% a 60% da cobertura) acompanhada de *Panicum subjunceum* e da *Andropogon virgatus*, de diversas espécies de Carqueja (*Baccharis*) e de algumas invasoras como : Pata-de-cavalo (*Centella asiatica*) Chantagem (*Plantago hirtella*) e a Vassoura Lajeana (*Baccharis uncinella*). Em campos mais secos e preservados, hoje possivelmente inexistentes ocorriam pequenos arbustos e grande número de ervas eretas e rasteiras, onde se destacavam: *Eupatorium gaudichaudianum* e *Eupatorium littorale*, que substituíam grande parte do espaço ocupado pelas gramíneas onde se sobressaem *Axonopus adsendas*, além de inúmeras outras ervas, como a conhecida Marcela (*Achyrocline satureoides*). Essa mancha de campos sujos, quando devastados, é invadida pela Barba-de-bode (*Aristida pallens*), a *Erianthus angustifolius*, *Eupatorium laetevireus* e *Andropogon* cf. *selloanus*. De forma bastante localizada em nascentes ou lugares brejosos em pequenas depressões ocorrem predominantemente as Ciperáceas: *Fimbrilys autumnalis*, *Rhynchospora tenuis*, entre musgos do gênero *Sphagnum* e a Samambaia *Blechnum tabulare*, eventualmente nessas pequenas áreas são registrados agrupamentos diversos onde predominam a *Vernonia* e a Cruz-de-malta (*Jussiaea sericea*). Os capões genericamente são compostos pelo Pinho Bravo (*Podocarpus lamberti*) “situados em suaves ondulações e pequenas colinas onde por vezes, podem formar grupamentos quase puros”, sendo, no entanto, de composições bastante distintas, de acordo com o estágio de desenvolvimento; quando bem desenvolvidos geralmente apresentam maior dimensão espacial e diversidade, passando a abrigar em seu interior a Floresta Ombrófila Mista, propriamente dita, onde se registra a ocorrência do Pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), floresta cuja composição e caracterização será adiante tratada. Esses capões mantêm em suas bordas o mesmo grupo de espécies pioneiras encontrados nos capões jovens ou não tão desenvolvidos onde além do Pinho Bravo, registrou-se a ocorrência de: Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), Capororoca (*Rapanea ferruginea*), Congonha (*Citronella paniculata*) e o Cambuí (*Myrceugenia eusosma*). Quando situados em solos menos favoráveis de encostas mais íngremes os capões apresentam o predomínio do Pinho-bravo e a Aroeira, e quando situados em áreas baixas de solos mal

drenados a composição predominante passa a ser de Cambuí e Aroeira, freqüentemente acompanhados da Cataia (*Drimys brasiliensis*), e ainda em casos onde os capões se estendem ao longo de pequenos cursos fluviais há ocorrência regular de Cambará (*Gochnatia polymorpha*) e Carvalho Nacional (*Roupala brasiliensis*).

**2. Campos edáficos das Várzeas (Formações Pioneiras com Influência Fluvial):** Localizados junto às planícies amplas do rio Iguaçu e seus principais afluentes, localmente os rios Iraí, Iraizinho, Piraquara, Itaqui e Pequeno, tributários da margem esquerda e formadores do rio Iguaçu. Apresentam uma vegetação típica onde predominam com 50% a 70% as gramíneas *Andropogon virgatus*, de grande porte que atingem 1 metro, com folhas duras não apreciadas pelo gado que combinadas a impropriedade do ambiente à ocupação antrópica favoreceram sua preservação em muitos locais até os dias atuais. Associada à espécie dominante registram-se a ocorrência de: *Panicum subjunceum*, Assa Peixe ou Chama-rita (*Vernonia westiniana*), *Tibouchina ursina*, *Rhynchospora emaciata*, *Frimbristylis autumnalis* e *Rhynchospora tenuis*. Em áreas muito encharcadas registra-se a presença de grupamentos densos de Caraguatá (1) (*Eryngium lassauxii*) em áreas de águas correntes e uma outra espécie de Caraguatá (2) (*Eryngium eburneum*) em águas estagnadas.

**3. Floresta Ombrófila Mista:** Atualmente são raros os pequenos núcleos remanescentes mesmo semidevastados de uma floresta que era densa e quase contínua. Floresta em cujo estrato superior a *Araucaria angustifolia* (Pinheiro-do-paraná) predominava atingindo a altura de 25-30 metros ou mais, sob o qual desenvolvia-se um denso bosque de mais de 10 metros de altura onde predominavam a Imbuia (*Ocotea porosa*), o Sassafrás (*Ocotea pretiosa*) e diversas outras Lauráceas; dentre as espécies mais freqüentemente encontradas destacam-se: a Canela imbuia (*Nectranda megapotamica*), a Sapopema (*Sloanea lasiocoma*), o Açoita cavalo (*Luehea divaricata*), a Canela-fogo (*Cryptocarya aschersoniana*), o Pinho-bravo (*Podocarpus lamberti*), a Caruva (*Phoebe nunesiana*), a Canela-amarela (*Ocotea nutans*), o Pau d'alho (*Phoebe amoena*), O Pau Andrade (*Persea cordata*), a Erva-mate (*Ilex paraguariensis*), os Tapiás (*Alchornea sidifolia* e *Alchornea triplinervia*), a Canharana (*Cabralea glaberrima*), as Guaçatungas (*Casearia decandra*, *Casearia inaequilatera* e *Casearia lasiophylla*), o Camboatã (*Matayba elaeagnoides*), o Cedro (*Cedrela fissilis*), a Bracatinga (*Mimosa scabrella*), o Carvalho-da-serra (*Euplassa cantareirae*), a Canela-sebo (*Ocotea puberula*), o Cuvantã ou Miguel Pintado (*Cupanea*

*vernalis*). Ainda, destacam-se as espécies características de bordas da floresta quando em contato com os campos, assim como dos capões menos desenvolvidos ou bordas dos mais evoluídos onde são relativamente freqüentes: o Pessegueiro brabo ou Varova (*Prunus sellowii*), o Guaperê (*Clethra scabra*), o Guaraperê (*Lamanonia speciosa*), a Gramimunha (*Weinmannia pauliniaefolia*), Juvevê (*Fagara kleinii*), Aroeira (*Schinus terebinthifolius*), a Cataia ou Casca d'anta (*Drimys brasiliensis*), o Cambará (*Gochnatia polymorpha*), a Guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa*), o Carvalho nacional (*Roupala brasiliensis*), o Cravo-do-mato (*Pseudocaryophyllus crenatus*) e a Pimenteira (*Capsicodendron dinisii*).

4. **Matas de Galeria (Floresta Ombrófila Mista Aluvial):** contrastando “vivamente com a vegetação de campos edáficos”, nas planícies aluviais ao longo do Rio Iguaçu e seus principais afluentes, estende-se em faixas estreitas uma mata de grande homogeneidade, são visivelmente dominadas pelo Branquilha (*Sebastiania klozschiana*) com 60% a 80% da composição, atingindo um porte de apenas 5 metros. Mata que com relativa freqüência é entremeada por antigos meandros abandonados que, transformados em pequenos lagos, abrigam a Taboa (*Typha domingensis*) e o conhecido Aguapé-de-baraço (*Eichornea crassipes*); eventualmente destaca-se nessa formação de natureza edáfica o Coqueiro (*Arecastrum romanzoffianum*), por ser emergente sobrepujando o estrato dominante em mais de 10 m (atinge 15 m de altura), ainda essa vegetação apresenta como espécies companheiras: *Symplocos laxiflora*, o Tarumã (*Vitex megapatamica*), *Guettarda uruguensis*, *Duranta vestita* e a Embira branca (*Daphnopsis racemosa*).

### 3.2.7 Solos:

De acordo com o levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná escala 1:600.000, conforme EMBRAPA (1981), a individualização em nível categórico de fases de grande grupo em unidades cartográficas simples de solos em face da “distribuição geográfica muito intrincada”, obrigou o uso freqüente da generalização como unidades combinadas, i.e., associações formadas por duas ou três unidades simples, onde a unidade combinada figura com o nome do componente dominante, o qual igualmente serve na definição da classe em que se deve enquadrar a associação; por exemplo, a unidade combinada identificada pela sigla Ca15, pertence à classe Cambissolos; comporta o componente que assume primeiro lugar no espaço delimitado o Cambissolo Álico Tb fase Floresta Ombrófila

Densa Altimontana, relevo montanhoso, substrato migmatitos, associado da unidade secundária Latossolo Vermelho-Amarelo Álico pouco profundo, ambos “A” moderado textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa Montana relevo ondulado e forte ondulado.

Observa-se ainda que além desses solos as unidades combinadas e mesmo as simples têm muitas vezes incorporadas variações e inclusões de solos menos representativos.

ROCHA et. al. (1992) e ROCHA in SEMA/PR (1996), mesmo em levantamentos de solo em escalas maiores 1:100.000 e 1:50.000, também foram obrigados a fazer uso de unidades combinadas em face da complexidade da distribuição de certas unidades ser ainda muito intrincada mesmo nestas escalas, pois ainda são freqüentes nesta porção as inclusões de unidades menos significativas, como também há um número elevado de combinações (associações) totalizando 173 unidades de solos, classificados como associações e unidades simples combinadas a superfícies geomórficas. (Vide: Anexo - Tabelas 8.2, 8.3 e 8.4).

São consideradas no presente estudo as unidade definidas com os referidos critérios de levantamentos (Rocha, 1992) e tendo na caracterização o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado do Paraná, EMBRAPA (1981), por abranger toda extensão da área de pesquisa, onde se registra a ocorrência das seguintes unidades de solos, (sendo adaptada a nomenclatura à fase de cobertura vegetal conforme critérios de classificação do IBGE, 1992):

#### Classe Latossolo

Compreende solos minerais de baixa fertilidade apresentando cátions trocáveis mais concentrados próximos à superfície, provavelmente devido à reciclagem biológica de nutrientes, com baixo conteúdo de minerais primários e avançado estágio de intemperismo, intensamente lixiviados, com horizonte “B” latossólico. De textura argilosa, coloração vermelho amarelada, são porosos bem drenados e profundos, com a sequência de horizontes A, com espessuras de 30 a 80 cm, “B” com espessura média de 150 a 200 cm e horizonte “C”. Esses solos são encontrados entre as altitudes de 50 a 1.020 m a.n.m. Enquadram-se nessa classe as seguintes unidades:

**Lva1** - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista, relevo suave ondulado. Constituem variações dessa unidade solos intermediários para: Cambissolo Álico textura argilosa e Podzólico Vermelho-Amarelo textura argilosa.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Cambissolo Álico; Podzólico Vermelho-Amarelo; Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura média e Latossolo Vermelho - Escuro textura argilosa. Altitude 890 a 980 m.

**Lva3** - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista, relevo ondulado.

**Lva4** - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, A podzólico textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa, relevo forte ondulado e ondulado. Altitude 30 a 100 m.

Constituem variações dessa unidade solos intermediários para Cambissolo Álico textura argilosa, solos truncados pela erosão e solos com horizonte “B” latossólico melhor definido

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Cambissolo Álico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico Álico; Latossolo Vermelho-Amarelo Álico textura argilosa e Latossolo Vermelho - Escuro Álico podzólico.

**Lva5** - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico podzólico, A moderado, textura argilosa fase Estepe relevo ondulado.

**Lva6** - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, pouco profundo, A proeminente, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Mista, relevo suave ondulado e ondulado.

**Lva8** - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico pouco profundo, A moderado, textura argilosa, fase Estepe, relevo suave ondulado. Altitude 900 a 950 m.

Constituem variações dessa unidade solos intermediários para Cambissolo Álico textura argilosa.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Cambissolo Álico textura argilosa; Rubrozem e solos Hidromórficos.

**Lva12** - Associação Latossolo Vermelho-Amarelo Álico + Cambissolo Álico Tb, ambos A proeminente, textura argilosa, fase estepe, relevo suave ondulado, substrato sedimentos pleistocênicos. Altitude 890 a 980 m.

Trata-se de uma associação de arranjo bastante intrincado, sendo que os componentes de modo geral ocupam áreas iguais.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico A moderado e Cambissolo Álico A moderado

#### Classe Podzólico

Compreende solos minerais e não minerais que apresentam características bastante variáveis, com horizonte “B” textural. De textura argilosa, coloração vermelho amarelada, apresentam o solum “A”+”B” variando de menos de 100 cm até 200 cm. Esses solos são encontrados em todo estado do Paraná entre as altitudes de 50 até mais de 1.000 m a.n.m. Enquadram-se nessa classe as seguintes unidades:

**Pva10** - Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico, A moderado, e textura argilosa, fase floresta ombrófila densa, relevo ondulado e forte ondulado. Altitude normalmente de 50 metros podendo chegar a 200 metros a.n.m.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Cambissolo Álico; Cambissolo Distrófico; solos Hidromórficos Indiscriminados; solos Indiscriminados de Mangue; Podzol e solos Tiomórficos.

**Pva21** - Associação Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Tb, textura média/argilosa com cascalho, relevo forte ondulado + Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico, textura argilosa com cascalho, relevo ondulado, ambos com A moderado e fase floresta ombrófila mista. Altitude de 800 a 1.000 m a.n.m.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Cambissolo; Latossolo Vermelho-Amarelo e solos Aluviais.

**Pva25** - Associação Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico, A moderado, fase floresta ombrófila densa, relevo ondulado e forte ondulado + solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados, fase Floresta Ombrófila Densa Aluvial, relevo suave ondulado e plano ambos textura argilosa. Altitude de 50 a 300 metros a.n.m.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Cambissolo Distrófico; solos Hidromórficos Indiscriminados; solos Indiscriminados de Mangue; Podzol e solos Tiomórficos.

#### Classe Cambissolo

Compreende solos minerais não hidromórficos com horizonte “B” câmbico, com relativo desenvolvimento porém com uma evolução insuficiente para decompor completamente minerais primários classificados como de fácil meteorização (feldspato, mica, hornblenda e outros); não possuem acumulações significativas de óxidos de ferro, húmus e argilas, que permitam identificá-los como possuindo um “B” textural ou podzol. Apresentam graus de fertilidade variável em função da litologia e têm profundidade variável em geral entre

80 e 120 cm. Ocorrem em relevo que varia do forte ondulado montanhoso ao plano ou quase plano, e.g., Cambissolos encontrados nas planícies aluviais de alguns rio do litoral.

As principais variações dessa classe são as que seguem: solos mais profundos, intermediários para solos com “B” latossólico; solos com argila de atividade alta, intermediários para o Brunizem Avermelhado ou para o Rubrozem; solos intermediários para o “B” textural, argila de atividade baixa e solos mais rasos, intermediários para solos Litólicos.

**Cd2** - Associação Cambissolo Distrófico Tb, “A” moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa Aluvial, relevo plano substrato sedimentos recentes + solos Hidromórficos Gleyzados, Indiscriminados fase Floresta Ombrófila Densa Aluvial, relevo suave ondulado e plano; ambos textura argilosa.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: solos indiscriminados de Mangue; Podzol; solos Tiomórficos e Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico. Altitude próxima aos 50 m a.n.m.

**Ca1** - Cambissolo Álico Tb, “A” moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa altimontana, relevo montanhoso substrato migmatitos.

As principais variações dessa classe são solos intermediários para o Latossolo Vermelho-Amarelo pouco profundo; perfis intermediários para solos com “B” textural, perfis mais rasos próximos aos solos Litólicos.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico podzólico; Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico; solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados e solos Indiscriminados de Mangue;

**Ca6** - Cambissolo Álico Tb, “A” moderado, textura argilosa, fase Floresta Ombrófila Densa Altimontana, relevo ondulado e forte ondulado, substrato migmatitos.

As condições mesológicas locais na borda do planalto de constante nebulosidade imprimem à vegetação local transição ou ecótono da Floresta Ombrófila Densa Montana, com a Floresta Ombrófila Mista, feições são conferidas peculiares a vegetação, onde é notável a ausência da araucária e quando presente é mal conformada a presença do bambu (*chusquea*) e abundância de epífitas aproxima à vegetação altomontana.

As principais variações dessa classe são solos intermediários para o Latossolo Vermelho-Amarelo; perfis intermediários para solos com “B” textural, perfis mais rasos



próximos aos solos litólicos; solos com horizonte “A” proeminente e solos parcialmente truncado pela erosão. Altitude 850 a 1.050 m a.n.m.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Podzólico Vermelho-Amarelo Álico Cambissolos substrato granitos; solos Litólicos substrato granitos e migmatitos e áreas com ocorrência de “*boulders*” e matacões.

**Ca8** - Cambissolo Álico Tb, “A” proeminente, textura argilosa, fase estepe, relevo suave ondulado, substrato sedimentos pleistocênicos. Altitude em torno de 950 m a.n.m.

As principais variações dessa classe são solos intermediários para o Latossolo Vermelho-Amarelo; perfis intermediários para Rubrozem e solos mais rasos próximos aos solos litólicos;

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; Rubrozem, solos orgânicos e solos Litólicos Álicos substrato sedimentos recentes.

**Ca9** - Cambissolo Álico Tb, “A” proeminente, textura argilosa, fase estepe, relevo forte ondulado, substrato migmatitos. Unidade que somente ocorre no litoral em altitudes de 850 a 900 m a. n. m.

As principais variações dessa classe são solos intermediários para o Latossolo Vermelho-Amarelo; solos mais rasos próximos aos solos Litólicos e Cambissolo com “A” moderado.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; solos Litólicos Álicos substrato migmatitos e solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados.

**Ca11** - Cambissolo Álico Tb, “A” moderado, textura argilosa, fase estepe, relevo ondulado, substrato migmatitos. Altitude em torno de 920 m a.n.m.

As principais variações dessa classe são solos intermediários para o Latossolo Vermelho-Amarelo; solos mais rasos próximos aos solos Litólicos e Cambissolo com “A” moderado.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Latossolo Vermelho-Amarelo pouco profundo; Cambissolo Álico a proeminente substrato sedimentos pleistocênicos; solos Litólicos Álicos substrato migmatitos; solos Hidromórficos e solos Orgânicos.

**Ca15** - Associação Cambissolo Álico Tb, fase Floresta Ombrófila Densa Altimontana, relevo montanhoso, substrato migmatitos + Latossolo Vermelho-Amarelo Álico “A” podzólico fase Floresta Ombrófila Densa Montana, relevo forte ondulado e ondulado, ambos “A” moderado textura argilosa. Altitude de 30 a 400 m a.n.m.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos Cambissolo Distrófico substrato sedimentos do Quaternário; Podzol; solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados e solos Indiscriminados de Mangue.

**Ca28** - Associação Cambissolo Álico Tb, “A” proeminente, substrato sedimentos pleistocênicos + Rubrozem, ambos textura argilosa, fase Estepe, relevo suave ondulado. Altitude em torno de 900 m a.n.m.

Como inclusões nessa unidade são encontrados os seguintes solos: Latossolo Vermelho-Amarelo Álico pouco profundo; solos orgânicos e Terra Bruna Estruturada Similar.

**Ca31** - Associação Cambissolo Álico Tb + solos Litólicos Álicos ambos “A” moderado textura argilosa fase Floresta Ombrófila Mista relevo montanhoso e escarpado substrato migmatitos. Altitude de 500 a 800 m a. n. m. em áreas muito acidentadas e escarpas.

Como inclusões nessa unidade ocorrem os afloramento rochosos e pequenas áreas com “*boulders*” e matacões.

#### Classe Podzol

Compreende solos minerais, mal drenados a muito mal drenados, muito arenosos, com horizonte “B” podzol, hidromórficos, com horizontes A, B e C bem diferenciados, com permeabilidade muito rápida no horizonte “A”, substrato depósitos arenosos de restinga do Holoceno. Cobertura varia em sua estrutura desde xerofítica até higro-hidrofítica em face do grau de impermeabilização do horizonte “B” e da micro-topografia remanescente dos antigos cordões arenosos. Altitude próxima ao nível do mar até 10 m a.n.m.

**P** - Associação Podzol, “A” hístico, fase associação de pioneiras de restingas + Podzol “A” moderado (incluindo “A” proeminente e Parapodzol - solos sem o horizonte A<sub>2</sub> e o “B” com cimentação, porém com coloração e textura típica do podzol) fase Floresta de Restinga, ambos textura arenosa, relevo plano.

Constituem inclusões nesta unidade: solos Indiscriminados de Mangue; Areias Marinhas; solos Orgânicos Indiscriminados; solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados;

solos Tiomórfico; Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico e Latossolo Vermelho-Amarelo Álico podzólico.

#### Classe Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados

**HG2** - Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados, textura argilosa, fase Estepe de várzea(campos edáficos) e mata ciliar, relevo plano, substrato sedimentos do Quaternário. Altitude 700 a 1.000 m a.n.m.

Constituem inclusões nesta unidade: solos Orgânicos Indiscriminados; solos Aluviais e Cambissolo substrato sedimentos do Quaternário.

**HG3** - Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados, textura argilosa, fase estepe, relevo plano (várzeas). Altitude máxima 50 m a.n.m.

Constituem inclusões nesta unidade: Cambissolo Distrófico substrato sedimentos do Quaternário; Podzol; solos Indiscriminados de Mangue; Latossolo Vermelho-Amarelo Álico podzólico; Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico; solos Tiomórficos e ocorrência de áreas com “*boulders*” e matações.

#### Classe Solos Indiscriminados de Mangue

São solos minerais de aspecto lodoso, predominantemente halomórficos, alagados, de profundidade limitada a altura do lençol freático geralmente sem diferenciação de horizontes, salvo nas áreas periféricas onde existe um horizonte “A” sobre o “C”; ocorrem nas áreas em que existe ação direta do fluxo e refluxo das marés, onde as águas são mais calmas, originários em sua maioria de sedimentos finos argilosos ou argilo-siltosos, porém podem apresentar substrato arenoso.

**SM** - Associação Solos Indiscriminados de Mangue + Solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados, textura argilosa, fase associação da Formação Pioneira Manguezal, relevo plano.

Constituem inclusões nesta unidade: Solos Tiomórficos; Podzol; solos Hidromórficos Gleyzados Indiscriminados e Podzólico Vermelho-Amarelo Álico latossólico; e ocorrência de áreas com “*boulders*” e matações, e.g., rio das Pedras em Alexandra.

#### Classe Solos Orgânicos

Compreendem solos hidromórficos pouco desenvolvidos de natureza essencialmente orgânica, acumulados em ambiente palustre, originários de deposições orgânicas holocênicas, podendo incluir proporções variáveis de outros materiais finos (silte e argila). Localizam-se em pequenas depressões próximas aos curso d’água, onde o relevo torna-se um dos principais

fatores de formação destes solos, cuja cobertura vegetal característica são os campos edáficos ou de várzea. Altitude varia de 750 a 1.000 m a.n.m.

**HOa1** - Solos Orgânicos Álicos, fase Estepe (campo edáfico) de várzea, relevo plano. Como variação registram-se perfis intermediários de solos Gleyzados, solos estes que fazem parte das inclusões nesta unidade.

#### Classe Afloramentos de Rocha

Pertencem a agrupamentos relacionados a tipos de terreno e não propriamente solos, sendo áreas onde predominam os afloramentos rochosos, geralmente associadas a uma topografia escarpada e montanhosa.

**AR2** - Afloramentos de Rocha (granitos) + solos Litólicos Álicos, “A” proeminente, textura argilosa, fase Estepe (campo de altitude); refúgios vegetacionais rupestres e Floresta Ombrófila Densa Altomontana, relevo escarpado e montanhoso, substrato granitos. Altitude geralmente acima de 1.000 m a.n.m.

Fazem parte das inclusões nesta unidade: Cambissolo Álico e Latossolo Vermelho-Amarelo Álico.

### **3.2.8 Conjuntos Pedológico - Geomorfológicos da Serra do Mar e Proximidades**

Para a porção centralizada na área estudada envolvendo a borda oriental do Primeiro Planalto, Serra do Mar e sua zona de piemonte, foram utilizados os levantamentos de ROCHA et al. (1992), onde são identificadas as unidades apresentadas a seguir no Anexo

Em face das características locais do relevo, nas superfícies residuais de topo alto, caracterizadas como superfícies aplainadas elevadas muito dissecadas e de inselberges remanescentes, provavelmente não existem mais depósitos correlativos à essas unidades morfológicas nessa área. Desse modo, seus solos os “solos dos pediplanos” (Anexo: Tabelas 8.2, 8.3 e 8.4 ) são derivados em suas superfícies provavelmente rochosas e rebaixadas por eventos posteriores de pedimentação dos quais originaram-se os sedimentos adjacentes de “piemonte” (ROCHA et al. 1992) que, mantidos nos alvéolos erosivos elevados suspensos na área intermontana elevada, deram origem aos “solos de piemonte”, (Anexo: Tabelas 8.2, 8.3 e 8.4), de modo análogo, ocorrem adjacentes às superfícies pedimentares inferiores que abrigam um terceiro conjunto de solos denominados “solos de pedimentos”.

Segundo ROCHA et al. (1992), os solos de piemonte com afloramentos presentes em áreas de afloramentos junto a áreas pediplanadas dissecadas com relevo forte ondulado,

montanhoso e escarpado, apresentam cobertura vegetal montana, altomontana, ecótono e refúgio ecológico, em face das condições particulares de natureza bioclimática desenvolvem solos que apresentam em seus horizontes “A”, húmicos e há mesmo o registro de ocorrência de horizonte turfoso em uma das unidades edáficas. Tais características são evidências da diferenciação ambiental dessas superfícies que, juntamente com os remanescentes dos pediplanos elevados, em decorrência de fatores locais, favorecem a preservação de espécies de formações vegetais primitivas, presentes nessas superfícies especialmente como refúgios ecológicos e nas formações identificadas como altomontanas, a exemplo dos campos de altitude. Em decorrência desses fatos, ainda que de forma especulativa, pode se inferir que mesmo em se tratando de solos pouco evoluídos, esses podem ser possivelmente correlatos cronologicamente a solos lateríticos antigos bem desenvolvidos encontrados nas superfícies pediplanadas do planalto, o que somente futuros estudos poderão confirmar.

Os referidos solos de piemonte têm genericamente sua origem relacionada aos depósitos de piemonte em geral provenientes do retrabalhamento, que fica evidenciado pela concentração de seixos em horizontes de 76,74% das unidades de solos, materiais esses que em parte devem ter sido mantido preservados, nas partes centrais côncavas das cabeceiras de drenagem, ou grotões, em segmentos das encostas que na terminologia proposta por HACK e GOODLETT(1960) denominam-se de “*hollow*”, uma vez que grande parte desses piemontes posiciona-se nas cabeceiras de cursos fluviais de primeira ordem, e se localizam junto a superfícies que MOURA et al. (1991) denominam de “*hollow* côncavo-plano” e “*hollow* côncavo suspenso”.

Quanto ao material de origem esses depósitos de piemonte de grande parte devem ser relacionados possivelmente a sedimentos pedimentares das superfícies dissecadas adjacentes, como sugere a classificação proposta por ROCHA et al. (1992). Ainda certamente mesclam-se materiais provenientes do embasamento rochoso, bem como de tálus retrabalhados pelos sucessivos ciclos de erosão a que essa região esteve sujeita, que em parte podem ser classificados como de natureza colúvio-aluvial associados a produtos erodidos provenientes de material deslocado de curtas distâncias (solifluxão) de modo a gerar certa confusão com o próprio elúvio ou rocha subjacente, a qual, por força do sistema de classificação adotado neste caso, figura como substrato, enquadrando esse que sob o ponto de vista geomorfológico

considera-se que conceitualmente deva ser revisto, pois trata-se de materiais morfogeneticamente diferenciados.

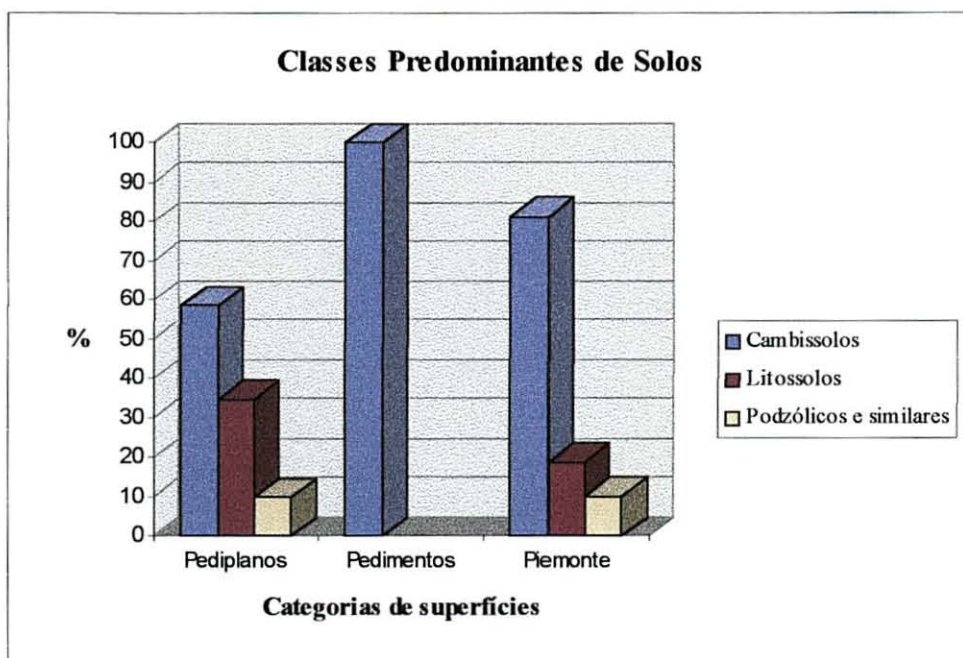
Cabe ainda salientar que em face da intensa dissecação sofrida por tais áreas o material de piemonte propriamente dito é bastante delgado favorecendo a ação dos processos pedogenéticos; ainda que incipientes, atuam diretamente sobre a rocha subjacente que desse modo na atual fase de pedogênese, em alguns casos, passa a contribuir diretamente na formação do horizonte "C". Com a evolução dos processos morfogênese e pedogênese pode passar a assumir a posição como principal fonte de material de origem desses solos, que primitivamente derivaram de depósitos de piemonte, sem, no entanto, deixar de herdar possivelmente propriedades e ou características relacionadas a esses materiais.

As informações contidas nos levantamentos efetuados por Rocha et al. (1992) permitem observar que na área em questão, de modo generalizado os solos apresentam pedregosidade mesmo sendo ligeiramente mais desenvolvidos, o que pode ser considerado indício da forte ação da morfogênese em seu aspecto erosivo sobre toda a porção oriental da Serra do Mar e litoral do Paraná, a qual decorre da combinação de inúmeros fatores de ordem estrutural geomorfológica. (vide geologia e geomorfologia). Isto certamente contribuiu em parte para diferenciação dos solos nessa região à qual somam-se ainda a ação marinha na sedimentação e modelado recente da planície litorânea, solos que particularmente caracterizam-se pelo seu pequeno desenvolvimento ou sua juventude pedogenética, como pode ser observado nas tabelas (Tabelas: 8.2; 8.3 e 8.4 - em ANEXOS), cujos dados são sintetizados nos parágrafos destacados a seguir:

1- Nas áreas aplainadas mais antigas, correlacionadas aos pediplanos 9,75% dos solos identificados apresentam horizontes podzolizados, dos quais aproximadamente 50% são melhor desenvolvidos, ou seja, o equivalente A 4,88% das unidades de solos registradas nessas superfícies pediplanadas (Vide gráfico 3.5). Dentre os solos dessas superfícies predominam nas unidades de mapeamento os Cambissolos com 56,62% seguidos dos Litossolos com 34,48% das unidades mapeadas, das quais 27,59% têm associados afloramentos rochosos. Estes solos apresentam em 51,72% das unidades horizontes com rochosidade e ou pedregosidade, o que evidencia o grau elevado de dissecação dessas antigas superfícies (vide gráficos 3.3 e 3.4 a seguir).

2- Junto às superfícies de piemonte, situação similar é verificada, onde 4,22% dos solos são melhor desenvolvidos (podzólicos em sua maioria), aos quais podem ser somados mais 5,64% de unidades com horizonte podzólico, que demonstram uma pedogênese mais acentuada nessas unidades. Diferenciando-se das unidades de mapeamento predominantes de solos que em 81,40% são Cambissolos e 18,60 % são Litossolos, as quais são associados afloramentos rochosos em 16,28% dos casos, estes solos apresentam em 76,74% das unidades horizontes com rochosidade e ou pedregosidade, evidenciando a intensa dissecação nessas superfícies (vide gráficos 3.3 e 3.4 a seguir).

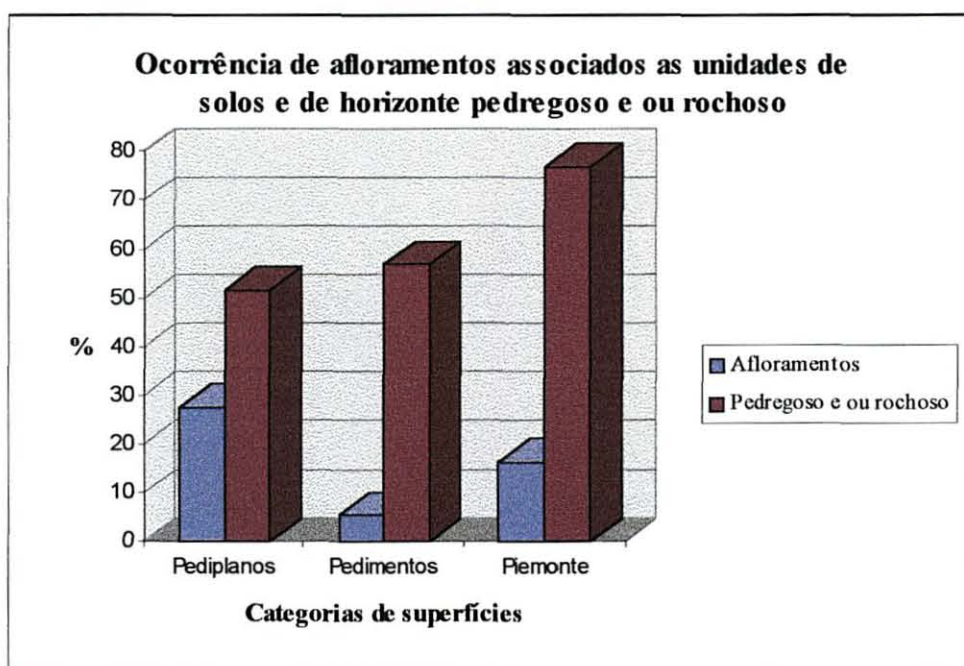
3- Situação um pouco diferenciada verifica-se junto às superfícies pedimentares ,onde solos mais desenvolvidos, identificados como podzólicos, correspondem a 12,72 % das unidades mapeadas e que se somados a solos com horizontes podzólicos e latossólicos totalizam 36,36% das unidades (gráfico 3.5 a seguir). Como unidade predominante absoluta apresenta-se em 100% das unidades de mapeamento os Cambissolos, aos quais estão associados afloramentos rochosos em 5,41% dos casos, que apresentam em 36,6% das unidades horizontes com rochosidade e ou pedregosidade (vide gráficos 3.3 e 3.4 a seguir).



**Gráfico 3-3: Percentual de ocorrência das principais unidades de solos nas diferentes superfícies geomorfológicas na Serra do Mar.**

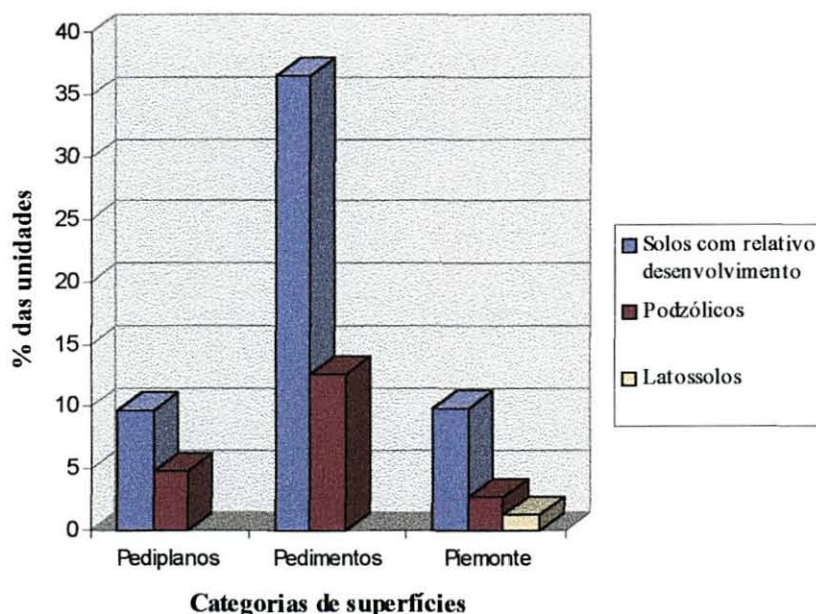
Dados obtidos em levantamentos realizados junto à área de estudo, baseado em ROCHA et al.; (1992)





**Gráfico 3-4: Percentual de ocorrência de afloramentos rochosos e de presença de pedregosidade e rochosidade associados aos solos nas diferentes superfícies geomorfológicas na Serra do Mar.**  
Dados obtido em levantamentos realizados junto à área de estudo, baseado em ROCHA et al.; (1992)

#### Grau de desenvolvimento dos solos



**Gráfico 3-5: Percentual de ocorrência de solos relativamente mais desenvolvidos nas diferentes superfícies geomorfológicas na Serra do Mar.**

Onde: São considerados solos com relativo desenvolvimento aqueles que apresentam em seus horizontes evidências de processos pedogenéticos mais avançados (podzolização ou laterização). Horizontes de solos que eventualmente, podem estar relacionados a horizontes remanescentes de paleossolos erodidos *in situ* ou transportados das superfícies adjacentes (baseado em ROCHA et al.; 1992).



#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

A seleção da área de estudo não foi devida apenas as características da diversidade de seus ecossistemas florestais, mas também a sua dinâmica e sua distribuição estar relacionada a processos geocológicos diferenciados, presentes na zona de transição fitogeográfica entre a face ocidental e a oriental da Serra do Mar, face a condições morfodinâmicas e bioclimáticas especiais. Também, foi considerada a relativa preservação das formações florestais, caracterizadas pelo seu porte bem desenvolvido acima de 20 metros, de espécimes remanescentes da vegetação original, ainda que boa parte da região tenha sido submetida a corte seletivo de espécies de valor econômico, e.g., como a de coleta de madeira para uso na construção da estrada de ferro.

Os processos geocológicos são abordados de forma multidisciplinar, a partir da manipulação e análise de planos temáticos de natureza diversa como: vegetação, solos, topografia, geologia, clima. Particularmente dá-se ênfase a análise qualitativa da geomorfologia e da fitogeografia, com base em informações levantadas e compiladas do material bibliográfico existente, tendo como principal propósito a compartimentação geoambiental da paisagem, por meio de critérios de classificação fitogeomorfológicos.

Metodologicamente, o trabalho é uma proposta de adaptação de classificação fitogeomorfológica e tem o caráter de ensaio de aproximação a uma metodologia de zoneamento fundamentada em critérios geográficos associativos e de síntese considerando-se o meio ambiente com base nos pressupostos da teoria sistêmica, individualizando as relações mais ou menos estáveis da vegetação com as superfícies de aplainamento, em face a sua geomorfologia e interações com o solo e o clima, sem, no entanto, aprofundar o estudo sistêmico em seus aspectos qualitativos e especialmente quantitativos.

Sob a perspectiva fitogeográfica são considerados alguns aspectos qualitativos de natureza biogeográfica reportados por DANSEREAU (1949) como pertencentes aos níveis de

integração “Aerográfico”, combinados aos níveis “Paleoecológico” e “Sincológicos”. Para tanto delimitam-se unidades de distribuição da vegetação tendo como base critérios para localização de áreas relictuais e a observação características fisionômicas, definindo unidades limitadas por faixas de vegetação, identificadas por associações relacionadas às possibilidades de suporte do meio físico. Primordialmente, são considerados os aspectos qualitativos q do zoneamento da morfologia de superfícies agradacionais e degradacionais (níveis de erosão e ou sedimentação), que notoriamente mantêm elevada correlação com os solos e clima, manifestando-se na variabilidade fitogeográfica local e regional.

## 4.1 MATERIAL

### 4.1.1 Bases Cartográficas

As bases cartográficas utilizadas nos trabalhos de campo juntamente com imagens e fotografias aéreas, fundamentais para o georreferenciamento e geração do modelo de elevação (digital) do terreno -MDT, foram as folhas topográficas: SG-22-X-D-III-3, Guaraqueçaba (BRASIL-IBGE, 1992); SG-22-X-D-V-3, Colônia Santos Andrade (BRASIL-SGE, 1969); SG-22-X-D-II-2, Serra da Virgem Maria (BRASIL-DSG, 1971a); SG-22-X-D-II-1, Represa do Capivari (BRASIL-DSG, 1971b); SG-22-X-D-II-3, Morretes (BRASIL-DSG, 1971c); SG-22-X-D-V-2, Paranaguá (BRASIL-DSG, 1971d); SG-22-X-D-II-4, Antonina (BRASIL-DSG, 1971e) e SG-22-X-D-V-1, Mundo Novo (BRASIL-IBGE, 1992), escala 1:50.000, produzidas a partir de levantamentos aerofotogramétricos restituídas pelo DSG e IBGE.

### 4.1.2 Imagens orbitais

Os dados originais de imagens orbitais Landsat 5 -TM armazenados em CD-ROM foram fornecidos, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 1997), em forma de cena inteira (*full frame* - aproximadamente 185 x 185 km) localizada na órbita base 220 ponto 78, compreendendo 6 bandas espectrais (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7).

As cenas foram fornecidas com o mesmo nível de correção radiométrica básica, que consiste na equalização da resposta dos sensores, de forma a eliminar o efeito de "*stripping*" dos dados Landsat 5-TM. Não foram aplicadas equalizações de histogramas ou correções para o ângulo de elevação do sol.

As correções geométricas das cenas são Nível 4 (INPE), consistem na transformação relativa à geometria orbital de uma reamostragem ao longo das linhas, para remover as variações do movimento do espelho do satélite e alinhar os pixel's entre *sweeps* adjacentes e mudança de escala CROSTA (1992).

As bandas das cenas de nível 4 são alinhadas entre si, compensando-se o "deslocamento entre bandas" característico do sensor TM. Para efetuar este alinhamento, os pixels não comuns a todas as bandas foram removidos, o que possibilita uma visualização adequada das imagens, porém o grau de precisão relativamente baixa dessas imagens as torna cartograficamente impróprias, o que obrigou ao uso de transformações com base em pontos de controle no terreno; procedimentos estes que constituem parte dos procedimentos de pré-processamento adotados no presente estudo a seguir descritos.

#### 4.1.3 Equipamentos

Para processamento das imagens orbitais e planos vetoriais da base cartográfica digital, assim como para digitação do texto, digitalização de mapas, ilustrações da tese e a sua diagramação, foram utilizados microcomputadores tipo PC, sendo: um PC 486 DX2, 100 megahertz, com 48 megabytes de memória RAM e Winchester de 2.1 gigabytes de capacidade armazenadora. Para digitação do texto e análise visual das imagens estas foram exportadas e georrefenciadas, tratadas previamente e classificadas em um Pentium, 133 megahertz, com 132 megabytes de memória RAM e Winchester de 8 gigabytes. Já a manipulação dos dados e cruzamento dos planos de informação referentes à área estudada, bem como a geração do modelo de elevação do terreno foi feita em um Pentium, 233 megahertz, com 32 megabytes de memória RAM e Winchester de 4.2 gigabytes. Como periféricos, foram utilizados uma mesa digitalizadora Digigraph formato A1, mouse, scanner de mesa formato A4 com 300 x 600 DPI de resolução óptica, drive para unidade de disco ZIP com 100 megabytes de capacidade de armazenamento e impressora com jato de tinta HP DeskJet 692C, com resolução gráfica de 300 x 600 DPI. No campo foi utilizada uma bússola profissional YAMANO e uma câmara fotográfica para filmes de 135 mm, modelo Spotmatic -Asahi Pentax com lente de 55 mm f/1.8

#### 4.1.4 Softwares

Foram empregados no desenvolvimento dos trabalhos os seguintes softwares: como sistema operacional o WINDOWS 95 versão 4.0; para a importação, manipulação e tratamento

das imagens da cena completa em fase de pré-processamento de correção geométrica, georreferenciamento, corte da imagem, e transformações de realce de contraste pelo método de Martin Taylor, bem como a geração de cartas imagem e análise por componentes principais, o *software* PCI- Easi/Pace v 6.0. Para digitalização da base altimétrica, utilizou-se o *software* AUTOCAD R14.

Esses *softwares* foram utilizados junto a instituições privadas com uso limitado por motivos operacionais ou de custo, o que levou a uma reconsideração da extensão da área de teste, optando-se pela área com maior diversidade na cobertura vegetal, apropriada ao desenvolvimento do ensaio metodológico proposto no mapeamento, por envolver as principais superfícies de aplainamento das duas grandes regiões naturais estudadas, possibilitando desse modo uma melhor avaliação do modelo de zoneamento fitogeomorfológico proposto.

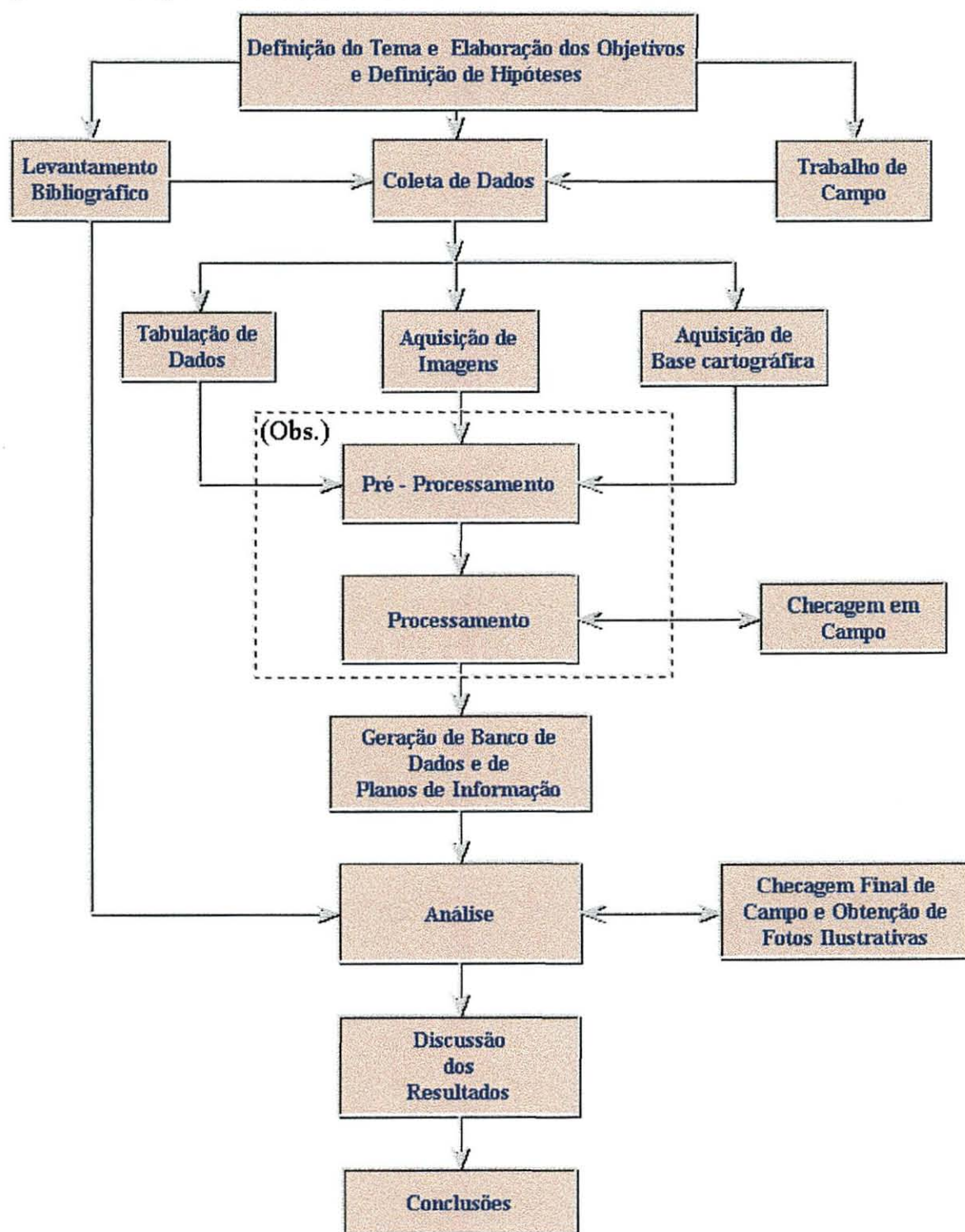
A porção escolhida no processamento foi centralizada na área correspondente à carta Mundo Novo em quase toda sua totalidade e setor menor na carta de Morretes (figura 4.3), deixando-se de lado parte da porção planáltica e da orla marítima abrangida (cartas imagens anexos 2, 3 e ilustradas em modelo numérico de elevação do terreno nos anexos 8-4 e 8-5).

Para o processamento e a manipulação dos planos de informação, visando a elaboração do modelo digital do terreno (modelagem MDT), ao cruzamento de informações e à produção da composição de mapas em SIG, foi utilizado o *software* IDRISIW 2.0. Na geração, edição e digitalização de figuras, o *software* ALDUS PHOTOSTYLER 2.0, em face de sua compatibilidade com os arquivos digitais gerados nos softwares anteriores. As tarefas de digitação, organização de dados alfa numéricos, geração de gráficos e diagramação do texto, figuras, tabelas foram realizadas no *software* WORD 7.0 e EXCEL 7.0 do MICROSOFT OFFICE para WINDOWS 95, disponíveis na UFPR.

## 4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As considerações metodológicas a seguir apresentadas são relacionadas à integração temática mediante abordagem, na qual a interpretação da paisagem é realizada por meio da análise e síntese de uma série de parâmetros geoambientais e de aspectos fitogeográficos relacionados à ecologia florestal. (Vide fluxogramas figura 4-2 e figura 4-3).

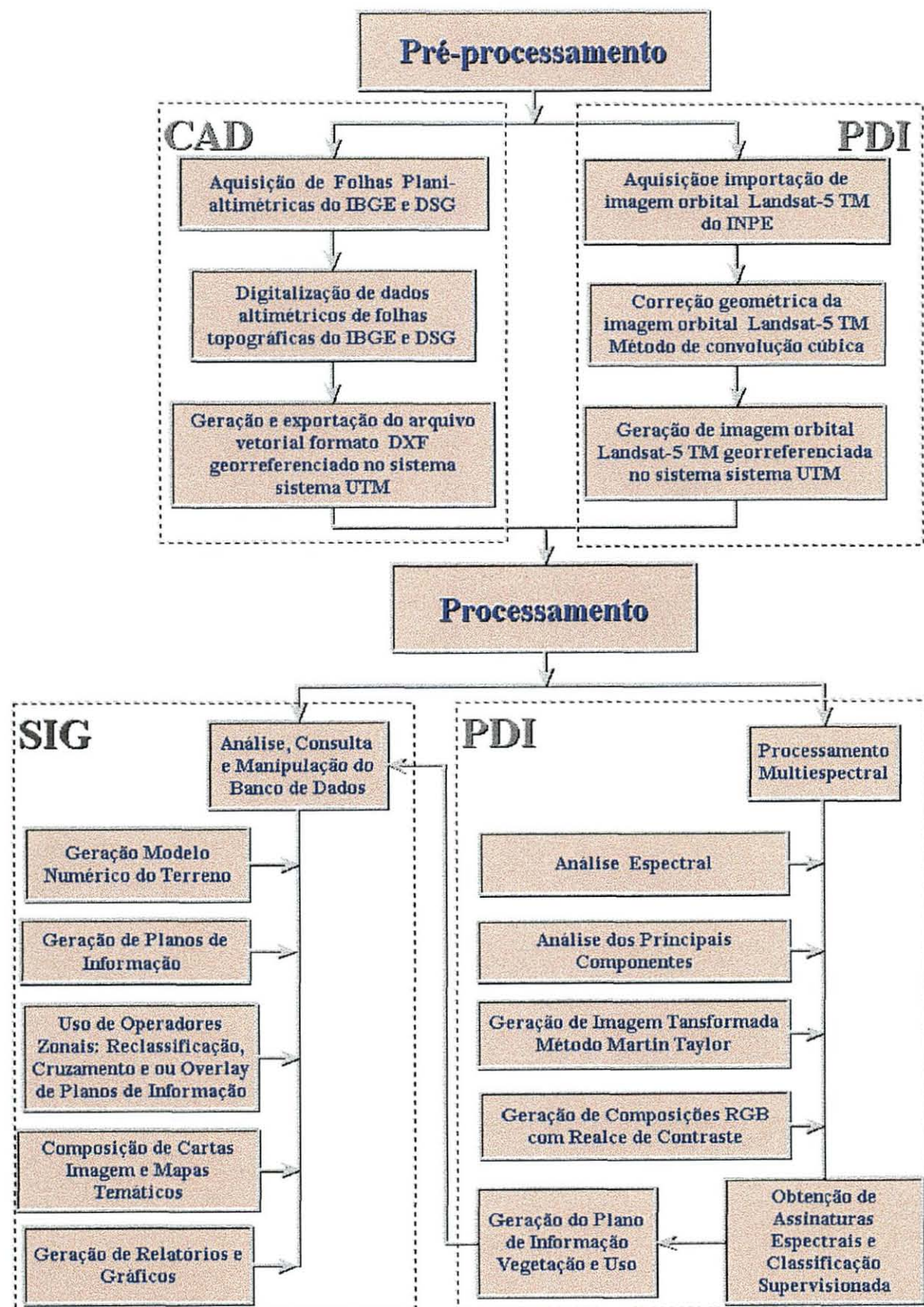
Figura 4-2 - Fluxograma das Etapas da Pesquisa.



OBS.: Vide (Figura 4.3) detalhamento das etapas de pré-processamento e processamento.



Figura 4-3 - Detalhamento das Etapas de Pré-processamento e Processamento de Dados.



#### 4.2.1 Geoprocessamento

A natureza interdisciplinar da pesquisa conduziu inicialmente a uma organização temática da revisão bibliográfica necessária para a fundamentação teórico-conceitual, essencial à compreensão do conhecimento científico e determinação de aspectos qualitativos envolvidos na análise.

A base de dados utilizada no presente trabalho foi gerada a partir de levantamento bibliográfico, de levantamento de campo, de dados digitais derivados de imagens orbitais brutas do sistema TM/Landsat-5 e de base cartográfica digital, originada da digitalização das cartas planialtimétricas analógicas (listadas em Material).

#### **Coleta de dados e Pré-processamento**

Constituiu uma fase fundamental na modelagem dos dados, envolvendo procedimentos de aquisição, importação e manipulação de dados nos sistemas de processamento utilizados.

Nos produtos de sensoriamento remoto obtidos do sistema Landsat-5, os dados foram pré-processados, para correção do efeito atmosférico e correção geométrica da imagem. Correções estas necessárias tanto para a interpretação visual quanto para os procedimentos de pré-classificação (localização de pontos de controle e delimitação de áreas amostrais das classes para classificação supervisionada), conforme recomendações de RICHARDS (1986).

#### **Correção Geométrica e Registro das Imagens**

Tendo em vista a análise prévia necessária à seleção da área de pesquisa, localização precisa das áreas de amostragem para verificação em campo e a análise comparativa de aspectos geomorfológicos relacionados às informações topográficas registradas em cartas, a correção geométrica foi indispensável na fase de pré-processamento, considerando-se que as distorções geométricas diminuem a precisão de localização da informação e necessariamente devem ser corrigidas (apresentar o mesmo registro), para uso em aplicações em sistema geográfico de informação (neste caso o *software IDRISIW 2.0.*) e outras aplicações que requerem dados com precisão cartográfica.

O fato de imagens corrigidas geometricamente apresentarem os valores de DN's modificados pelo processo de ajustamento (reamostragem), esses não apresentam grande perda de exatidão, conforme CHUVIECO (1990), e é aceitável na escala de trabalho adotada (inferior a 1:200.000), que supõe um razoável nível de generalização dos dados.

O registro facilitou a manipulação de dados de fontes diferenciadas, na sobreposição e no cruzamento de informações para elaboração das cartas temáticas (imagens orbitais e cartas topográficas) e produção de cartas imagens.

Para a correção geométrica, desenvolvida com auxílio do *software* PCI- Easi/Pace 6.0, utilizaram-se os pontos de controle (GCP's), definidos em referências de terreno a partir das folhas planialtimétricas restituídas pelo DSG e IBGE. USAF, tendo como, datum vertical Imbituba-SC. e datum horizontal SAD-69, e ponto de origem, a linha do Equador e meridiano 51° WGR, acrescidas das constantes 10.000 km e 500 km, respectivamente.

A identificação e seleção dos pontos de controle nas imagens orbitais, obedeceram ao critério de maior facilidade de identificação no terreno e nas bases cartográficas, tarefa que, de certo modo, apresentou relativa dificuldade em face da diferença temporal entre os documentos cartográficos referenciais do DSG e IBGE (levantamentos aerofotogramétricos de 1969 a 1992), cujas diferenças temporais, com as imagens chegaram em alguns casos a mais de 26 anos, fato que em algumas situações dificultou a seleção dos melhores pontos visíveis nas imagens pois estes eram inexistentes nos documentos cartográficos de base.

Com os pontos (GCPs) coletados e a definição de uma equação polinomial de 4º grau, foi criado um novo arquivo imagem transformado para o sistema de coordenadas UTM, por meio do método de reamostragem por convolução cúbica. Tal método foi escolhido por ser o que melhor se adaptou aos propósitos do trabalho quanto à preservação da imagem o mais próximo do seu aspecto natural e geometricamente correta (LILLESAND e KIEFER, 1987; CHUVIECO, 1990; CROSTA, 1993).

Tendo em vista que a literatura considera tolerável no registro um erro de correção geométrica de  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  pixel (COPPIN e BAUER, 1994);  $\frac{1}{2}$  pixel (JENSEN, 1986); 1 pixel (CROSTA, 1992) e sendo aceitos em alguns casos resultados com até 1,7 pixels de erro (GREEN ET AL., 1994), entende-se como aceitável no presente caso o erro médio quadrático  $RMS^1$  (*Root Mean Square Equation*) com valores próximos a  $\frac{1}{2}$  da resolução da imagem de entrada, para "X" e "Y", (Eq. 4.1), para geração de produtos com saída cartográfica entre 1:200.000 e 1:260.000.

---

<sup>1</sup> O RMS total descreve o erro de posicionamento característico de todos os pontos de controle em relação à equação. Ele descreve a probabilidade com a qual uma posição mapeada poderá variar da sua localização verdadeira.



**Eq. 4.1- Equação do indicador de ajuste por mínimos quadrados, ou seja, o erro quadrático médio:**

$$\text{RMS de X} = (\sum (X_1 - X_{\text{org}})^2 / (n-k))^{1/2}$$

$$\text{RMS de Y} = (\sum (Y_1 - Y_{\text{org}})^2 / (n-k))^{1/2}$$

**Onde:**  $X_1$  = coordenada de linha da imagem não corrigida.

$X_{\text{org}}$  = coordenada de coluna da imagem não corrigida.

$Y_1$  = coordenada original de linha do GCP na imagem.

$Y_{\text{org}}$  = coordenada original de coluna do GCP na imagem.

$n$  = Número de GCPs.

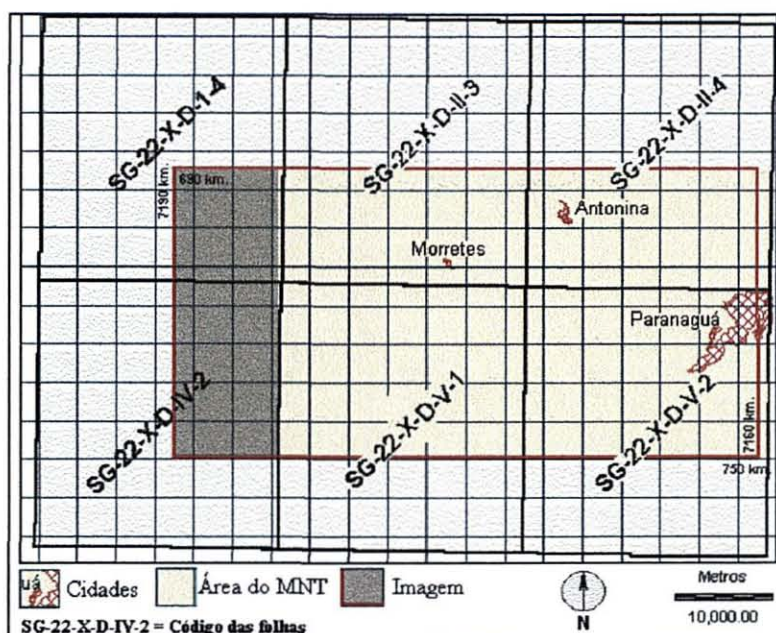
$k$  = Número de termos da ordem da equação escolhida ( i.e. os graus de liberdade)

### **Processamento e análise dos dados:**

Processamento e análise foram limitados aos dados oriundos da imagem orbital e da base cartográfica digital, de parte das folhas topográficas: SG-22-X-D-II-3, Morretes (BRASIL-DSG, 1971c); SG-22-X-D-V-2, Paranaguá (BRASIL-DSG, 1971d); SG-22-X-D-II-4, Antonina (BRASIL-DSG, 1971e) e SG-22-X-D-V-1, Mundo Novo (BRASIL-IBGE, 1992)- vide articulação apresentada a seguir, (Figura 4.3).

A base digitalizada foi exportada em formato DXF por meio do *software* AUTOCAD R14 para o *software* IDRISIW 2.0 onde foi gerado Modelo Digital do Terreno -MDT, no qual foram processados e cruzados os dados digitais propriamente ditos provenientes das imagens orbitais Landsat TM, exportadas no formato Tiff, do *software* PCI- Easi/Pace 6.0. para o IDRISIW 2.0.

No IDRISI os arquivos foram convertidos em composições coloridas de oito bits (255 cores), uma vez que as imagens originadas no PCI - Easi/Pace são de 24 bits (16 milhões de cores) para dar continuidade nas operações de processamento de imagens: reclassificação, interpolação de curvas, cruzamentos de dados e análises em SIG para geração de planos de informação, composição de mapas, produção de tabelas, gráficos e relatórios.



**Figura 4-3- Articulação da base cartográfica planialtimétrica:**

Base original utilizada na digitalização de dados para o processamento de informações topográficas e geração dos modelos numéricos do terreno.

### Composições coloridas e seleção de bandas

Tendo a possibilidade de gerar diferentes composições coloridas de bandas, escolheu-se a melhor combinação para à discriminação dos alvos de interesse. Partindo-se da composição falsa cor convencional com as bandas Landsat TM - bandas 3/4/5, buscaram-se comparativamente outras combinações como das bandas 3/2/1 em que as respostas espectrais mais baixas de alguns solos nessas bandas, aliadas à faixa de absorção da clorofila na banda TM-3, favorecem o aparecimento de variações sutis de matizes de cores. Além disso, por ser uma composição colorida em cor similar ao natural facilita a identificação e discriminação dos alvos, a exemplo do que MELO e ALMEIDA F<sup>o</sup>. (1996) obtiveram na Amazônia em áreas de cobertura vegetal muito rala sobre solos muito claros.

O uso das bandas (bandas 4, 5 e 7), referentes ao infravermelho justifica-se face ao fato de apresentarem na definição de padrões sensibilidade à morfologia do terreno e à geologia, proporcionando maior distinção das feições geomorfológicas, devido ao efeito de sombreamento observado principalmente em regiões florestadas, conforme VERSTAPPEN (1977). Por meio dos padrões de sombra e iluminação produzidos pelas ondulações verifica-se uma melhor discriminação da rede de drenagem, por consequência, uma melhor interpretação das formas de relevo. Neste sentido a banda TM-4 é

freqüentemente utilizada para o mapeamento das feições geomorfológicas. A banda TM-5 também pode ser utilizada, pois realça a presença de corpos d'água e áreas úmidas. OLIVEIRA (1996).

Com objetivo de aplicar técnicas de realce de contraste foi utilizado o método transformação de Martin Taylor implementado no software PCI- Easi/Pace 6.0., conforme *Manual do Usuário PCI- Easi/Pace* (1994):

■ O realce de contraste de Martin Taylor (MT) é um método especialmente desenvolvido para transformação do sistema tridimensional colorido para simular um espaço de cores similar ao modelo do sistema visual humano. Os três eixos de coordenadas do sistema MT tem medidas de brilho, vermelho - esverdeado e azul - amarelado, respectivamente a mesma ordem de importância para o sistema visual humano.

■ O realce MT desse modo serve à otimização da interpretação visual. Sendo usada a imagem de maior variância PC1 para o canal de brilho (B), a segunda imagem em variância para o canal vermelho - esverdeado (VE) e a terceira em variância para o azul - amarelado (AA). O realce MT converte as informações B/VE/AA, para criar três canais de informação adequados ao *display* no monitor de vídeo do computador, ou seja, no sistema de coordenadas R/G/B.

Mediante de imagens produzidas com a técnica de realce de contraste de Martin Taylor, (Vide em Resultados e Discussão figura 5.6) e combinando a análise das composições coloridas RGB convencionais Landsat TM - bandas 3/4/5, bandas 4/5/7 e bandas 3/2/1, buscou-se nas imagens geradas a discriminação qualitativa mais detalhada dos aspectos de interesse, ou seja, a imagem com melhores resultados visuais para a interpretação e a seleção das áreas de amostragem, para a coleta de dados necessários para os procedimentos posteriores de classificação supervisionada das unidades fitogeográficas de interesse no presente estudo.

A análise espectral e interpretação visual das referidas imagens auxiliaram na seleção das áreas de amostragem, bem como à delimitação dos grandes domínios morfoclimáticos, onde as macro-estruturas foram definidas pelos aspectos texturais delineados pelo arranjo espacial dos pixels e sua forma de distribuição e as características espectrais determinadas em função da tonalidade e cor, que também serviram para a delimitação das zonas bioclimáticas.

### **Classificação das unidades fitogeográficas:**

Com base em análise de dados de conhecimentos geográficos da área, estudos florestais e fitogeográficos desenvolvidos por especialistas e observações de campo, elaborou-se o mapa de vegetação e uso da terra.

A identificação das unidades de vegetação seguiram os critérios de classificação fitogeográficos da cobertura vegetal adotada pelo IBGE (1992), compreendendo localmente formações pioneiras, refúgios ecológicos e formações florestais, às quais foi acrescentada uma formação pioneira local identificada como “zona de cladium”. As áreas muito alteradas pelo uso da terra em sua mais diversas formas foram identificadas como áreas muito antropizadas.

Para gerar o mapa fitogeográfico, optou-se pela técnica de classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança, no qual para definição das categorias a serem mapeadas, consideraram-se os resultados dos testes de confiabilidade apresentados na matriz de confusão dos dados (vide exemplos em anexo), tomando-se como aceitáveis quando em seus percentuais de acuracidade e confiabilidade atingiram resultados acima de 80%. Os resultados foram conferidos aleatoriamente em trabalho de campo.

Nas unidades em que a análise da matriz de confusão apresentou baixa acuracidade, ocasionada pela presença de formações similares em sua estrutura e composição, optou-se pela classificação mais genérica, sendo agregadas em uma mesma categoria duas unidades; e.g. Floresta Ombrófila Mista com Araucária e parte da faixa da transição desta para a Floresta Ombrófila Densa Montana. Outra categoria composta por associação de mais de uma formação foi a associação Floresta Ombrófila Densa Montana, sua transição para a altomontana e principalmente com Floresta Ombrófila Densa Submontana, unidades essas que foram subdivididas com auxílio do sistema de informação geográfica, conforme critérios de zoneamento estabelecido no presente estudo. tendo como base a sua relação com as superfícies geomorfológicas e informações disponíveis na literatura a respeito da distribuição zonal vertical, dessas formações ou unidades fitogeográficas foram estabelecidas as seguintes classes de altitude:

- 1- Floresta Ombrófila Densa Submontana - de 40 (50) a 500 (700) metros a.n.m.
- 2- Floresta Ombrófila Densa Montana - de 500 (700) a 1.200 (1.400) a metros a.n.m.
- 3- Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (Mata nebulosa)- de 1.100 a 1.600 a metros a.n.m.

#### 4- Floresta Ombrófila Mista com Araucária de 800 a 1.100 metros a.n.m.

A delimitação das unidades de vegetação não relacionadas ao zoneamento vertical da vegetação foi estabelecida a partir de classificação supervisionada, classificação esta que nesses casos apresentou-se confiável em testes de acuracidade, que no caso das unidades adjacentes do mangue e da restinga foram acima de 90% e erros inferiores a 25% expressos pelo coeficiente de Kappa = 0,78.

#### **Classificação das unidades fitogeomorfológicas:**

No sistema adotado o propósito é ressaltar o espaço geográfico nas relações existentes entre formas da terra e vegetação derivada de uma hierarquia de uma classificação qualitativa quase quantitativa das unidades da terra relacionadas a áreas de cobertura extensiva da terra independente do seu tamanho, conforme conceito de fitogeomorfologia expresso por HOWARD e MITCHEL (1980). A divisão da paisagem compreende uma ordem genética de propriedades baseadas em sua espacialidade geográfica, a qual encontra nos critérios geomorfológicos as referidas relações espaciais entre áreas da terra que facilitam a “prática necessária para simplificar o mapeamento da paisagem (...) para imagens de sensoriamento remoto”.

Paisagem que, segundo esses autores pode ser subdividida em artificial e natural. As paisagens naturais alvo do presente estudo, são uma síntese de terreno e vegetação.

Bourne<sup>16</sup> HOWARD e MITCHEL (1980), quando em reconhecimento da aplicação do sensoriamento remoto sugere para divisão da superfície da terra em regiões naturais unidades hierárquicas homogêneas quanto a aspectos fisiográficos, dos solos e fatores edáficos. Tal proposição serviu como referencial à classificação fitogeomorfológica em questão em que onde são definidas três magnitudes hierárquicas da terra. que recebem as seguintes denominações: 1) Sistema de terra; 2) Faceta; 3) Catena de terra.

1) O Sistema de terra ou Unidade da terra, corresponde a um padrão decorrente de facetas unidas geneticamente, tendo predominantemente uma geologia uniforme e história geomorfológica similar, aplicável às escalas de 1:1.000.000 a 1: 250.000.

O Sistema de terra simples é descrito como um pequeno grupo de unidades topográficas intimamente relacionadas, produto de um fenômeno geomorfológico comum. No caso da combinação geomorfogenética intrincada de dois ou mais Sistema simples, o

agrupamento recebe a denominação de Sistema ou Unidade complexa da terra; já em caso da situação correlata entre duas unidades simples de origem geomorfogenética diversa, identifica-se como Sistema ou Unidade composta da terra.

2) Faceta, é uma feição fisiográfica onde os atributos variados relacionados à produtividade biológica servem à subdivisão da unidade da paisagem superior. Estas subunidades são associadas à variação da vegetação, que pode em média escala, ser identificada pelas diferenciações de subformações vegetais dentro de uma formação vegetal.

A distinção entre formas locais e facetas genéricas decorrentes de variações em um padrão morfológico, em um outro nível de generalização permite o reconhecimento de Unidades variantes, ou seja, de uma unidade intermediária entre a faceta local e a feição genérica, reportada a uma unidade fisiográfica genérica.

As formas locais<sup>2</sup> e variantes<sup>3</sup> podem ser consideradas subtipos parentes de uma faceta genérica, essas quando são partes relativamente prognosticadas de formas locais de uma unidade de terra da qual formam uma parte, i.e., se resultantes de meras diferenças na intensidade de processos genéticos ou de pequenas diferenças nos processos fisiográficos secundários. Se, no entanto, forem de prognóstico incerto, e. g., presença de áreas isoladas de vulcanismo ou depósitos exóticos, esses são considerados formas locais sem parentesco com a faceta genérica e variantes da faceta.

Desse modo, facetas e variantes podem ser produtos de mesma origem ou não, observa-se ainda que em terras planas essas subunidades podem ser extremamente extensivas e seus elementos espacialmente muito mais expressivos, que facetas em unidades de terras de relevos acidentados.

Ainda, segundo HOWARD e MITCHEL (1980), duas unidades menores que faceta vêm sendo reconhecidas na caracterização das mesmas ou mesmo para sua subdivisão necessária em escalas de mapeamento maiores, ou seja: Subfaceta e o Elemento

a) Subfaceta: serve para individualizar partes da faceta entre as quais há graduação das propriedades.

---

<sup>2</sup> **Forma local ou feição local:** representa a ocorrência local de uma feição genérica, e. g. forma local - Serra do Marumbi; feição genérica - Serra do Mar.

<sup>3</sup> **Variante:** é um tipo de faceta distinta pela sua particularidade geológica ou pelas diferenças na intensidade dos processos genéticos.

b) Elemento: trata-se de uma parcela da terra uniforme em litologia, morfologia, solo e estrutura da vegetação, os quais, conforme anteriormente mencionado, podem em condições de relevo favorável, ou seja, plano assumir grandes dimensões, a ponto de serem observáveis mesmo a grandes distâncias como nas imagens orbitais do Landsat TM. Caracterizada pela sua uniformidade topográfica quanto aos critérios de classificação fitogeográficos, essa é a menor unidade de mapeamento considerada indivisível.

3) Catena de terra, é uma cadeia de facetas da terra dispostas em topossequências locais, e. g., fundo de vale, encosta, topo, encosta, fundo de vale.

A análise e individualização da referidas unidades tiveram como pressupostos teóricos os aspectos de evolução da paisagem reportados a fenômenos de natureza morfoclimática, ou seja, reportados à geomorfologia climática e ambiental, e seu mapeamento no presente estudo fez-se com base em adaptação da referida classificação fitogeomorfológica. Servindo-se de dados existentes buscou principalmente tentar estabelecer relações entre os compartimentos das superfícies geomórficas de agradação e degradação, conhecidas como níveis de erosão e ou sedimentação (correlacionados a processos de pedimentação e pediplanação), e a distribuição da vegetação, sendo aplicada em porção representativa das principais unidades da paisagem do leste paranaense.

A classificação e mapeamento da paisagem em unidades fitogeomorfológicas, portanto na presente proposição, fundamenta-se em metodologia de mapeamento de biótopos, identificando e delimitando o espaço geográfico com base em parâmetros diferenciados do meio físico sintetizados em feições do relevo reconhecidas como superfícies de degradação e ou agradação (níveis de erosão e ou sedimentação) e em características fitofisionômicas discriminadas em tipos de coberturas vegetais ou formações vegetais ( formações e respectivas associações). Futuramente tal classificação pode ser estendida ao uso e manejo da terra ao incluir-se nela a diferenciação de ambientes antrópicos (o que não foi objeto da presente classificação, cuja aplicação direciona-se ao manejo de áreas de conservação florestadas).

Desse modo, alguns fatores determinantes geomorfológicos e aspectos fitofisionômicos das biocenoses correlatas, em suas respectivas nuances de natureza ecológica e biológica, foram tomados como elementos determinantes numa primeira aproximação de uma divisão multifacetada dos grandes domínios morfoclimáticos envolvidos e relacionados às duas grandes formações florestais, a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista, parte

do grande bioma envolvido neste estudo, ou seja, a Floresta Ombrófila. Divisões essas encontradas em variações ambientais identificadas mediante análise integrada, ainda que limitada, de aspectos fitofisionômicos e morfológicos do relevo relacionados a sua dinâmica, origem e evolução. Buscam na sua delimitação servir como base para um estudo multidisciplinar de unidades ecológicas de paisagens complexas, que, quando não estão compreendidas nas unidades fitogeomorfológicas, muito provavelmente são variantes dessas, em face de seu uso e manejo, especialmente entendidas dessa maneira, quando consideradas como sistemas parciais de geossistemas.

A divisão da paisagem em unidades fitogeomorfológicas teve como parâmetros alguns aspectos morfológicos relacionados ao gradiente do relevo e de sua altimetria, ambos reportados na revisão da literatura como de relevância na delimitação das variáveis propostas como base para a presente classificação da paisagem, pois manifestam-se como determinantes nas variações espaciais de distribuição tanto das superfícies geomorfológicas quanto da vegetação.

As relações da distribuição entre aspectos de natureza biológica e ecológica com os de ordem geomorfológica, além de serem identificadas na literatura consultada, tiveram a sua verificação "*in loco*", quando oportunamente efetuou-se a aferição dos referidos parâmetros a serem utilizados, bem como fez-se o registro fotográfico de alguns dos exemplos apresentados em fotos anexas ao presente estudo. Contatou-se ainda, mediante testes preliminares, que é possível trabalhar com a proposta metodológica de classificação em escalas maiores com o detalhamento dos levantamentos de base tanto geomorfológicos quanto biogeográficos em seus aspectos destacados nesse trabalho. Observações de campo ainda que limitadas, indicaram que à medida que a pesquisa cresce em escala os aspectos estruturais da vegetação passam cada vez a ter maior importância na interpretação das imagens, pois passam a servir como indicadores de sutis variações ambientais e conseqüentemente relacionadas a aspectos de morfogênese que não podem ser facilmente visualizados na morfologia, ou mesmo apenas identificáveis de forma indireta em manifestações da estrutura vegetal de cobertura. Tal constatação vem ao encontro das observações feitas por HOWARD e MITCHEL (1980), que demonstram a viabilidade de aplicação desse método na classificação de unidades de paisagem baseada em aspectos de correlação da distribuição atual da vegetação com as antigas superfícies de erosão e ou sedimentação.



Para possibilitar a integração desses dados em SIG, foram estabelecidos três conjuntos de informações como base para definir parâmetros à classificação da paisagem, selecionados pela sua relevância e disponibilidade. Efetuou-se o corte espacial delimitando a área de estudo na tentativa de realizar uma primeira aproximação com vistas a classificar e mapear as referidas unidades, conceitualmente identificadas como fitogeomorfológicas.

Com base na classificação da distribuição das superfícies geomórficas integradas à fitogeografia da área, foram tomadas como referência dois grandes sistemas de terra ou grandes unidades da terra presentes na região e identificados em classificação presentemente tomada como paralela, proposta por AB'SABER (1967-1977). As referidas unidades são definidas como domínios biogeográficos correlacionados a "assembléias de feições morfoclimáticas" classificados como Domínios Morfoclimáticos e denominados com base em seus aspectos fitogeomorfológicos como: Domínio Tropical Atlântico das áreas mamelonares florestadas e o Domínio dos Planaltos subtropicais com araucárias. Estes por sua vez foram subdivididos com base em critérios de delimitação definidos em dois parâmetros morfométricos de classificação do relevo relacionados às superfícies geomórficas, sendo um de natureza hipsométrica e outro referente ao gradiente das encostas. No que se refere aos aspectos fitogeográficos, tomou-se como parâmetro a classificação da cobertura vegetal adotada pelo IBGE(1992), bastante conhecida e difundida.

Quanto ao grau de dissecação das superfícies, geneticamente definiram-se como parâmetro as classes de declive de 0 a 12% relacionadas às superfícies pouco dissecadas, de 12 a 45% às superfícies dissecadas, de 45 a 90% às superfícies muito dissecadas e as com declive superior a 90% as superfícies escarpadas (ou verticalizadas).

A vegetação que em boa parte é reconhecidamente determinada pelo zoneamento vertical, expressa na própria classificação proposta pelo IBGE(1992) e outras como a sugerida por LEITE (1995), no presente estudo teve como parâmetros altimétricos adaptados daqueles definidos em estudos locais de bases fisionômico-ecológicas (FUPEF, 1987 e MAACK, 1968), sendo correlacionada às classes hipsométricas a seguir apresentadas:

- 1- Floresta Ombrófila Densa das Planícies quaternárias (Terras Baixas) incluindo as formações pioneiras da planície litorânea - de 0 até 40 (50) m a.n.m.
- 2- Floresta Ombrófila Densa Submontana - de 40 (50) a 500 (700) m a.n.m.
- 3- Floresta Ombrófila Densa Montana - de 500 (700) a 1.200 (1.400) m a.n.m.

- 4- Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (Mata nebulosa)- de 1.100 a 1.600 m a.n.m.
- 5- Refúgios ecológicos - Campos e vegetação ruprestre acima de 1.400 m a.n.m.

Quanto aos níveis de erosão e ou sedimentação, as respectivas classes hipsométricas correlacionadas foram definidas com base em dados e informações apresentados por BIGARELLA et al. (1978), observações de campo e análise de modelo de elevação do terreno gerado no *software* IDRISI a partir de bases cartográficas digitalizadas por operador de mesa digitalizadora com auxílio de CAD *software* AUTOCAD 14, sendo estabelecidas as seguintes classes:

- 1) Zona das planícies sedimentares costeiras, baixos terraços e rampas, restingas e manguezais - de 0 a 50 m a.n.m.
- 2) Zona de soleira ou inferior de Piemonte e Colinas baixas - porção inferior da baixa encosta, tálus, terraços pedimentares intermediários e nível do pedimento P<sub>1</sub>- de 50 a 250 m a.n.m.
- 3) Zona superior de Piemonte e Colinas elevadas - nível do pedimento P<sub>2</sub>, porção superior da baixa encosta, tálus, terraços pedimentares elevados e nível do pedimento P<sub>2</sub>- de 250 a 500 m a.n.m.
- 4) Zona das encostas intermediárias escarpadas e baixas cristas e morros isolados - de 500 a 800 m a.n.m.
- 5) Zona de Serras Baixas e Colinas de borda do planalto e picos isolados - nível do pediplano Pd<sub>1</sub> dissecado e rebaixado, terraços pedimentares elevados e nível dos pedimentos P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>- embutidos nos compartimentos embutidos no planalto - de 800 a 1.000 m a.n.m.
- 6) Zona de Serras médias e Colinas e morros elevados do planalto - nível do pediplano Pd<sub>1</sub> elevado e nível do pediplano Pd<sub>2</sub> dissecado e rebaixado, - de 1.000 a 1.200 m a.n.m.
- 7) Zona de Serras médias e cristas dos altos divisores do planalto - nível do pediplano Pd<sub>2</sub>, e encostas escarpadas elevadas - de 1.200 a 1.400 m a.n.m.
- 8) Zona de Serras elevadas e altos platôs residuais de planalto - nível do pediplano Pd<sub>3</sub>, acima de 1.400 m a.n.m.

A determinação dos atributos para classificação das unidades fitogeomorfológicas teve como prioridade o uso de informações e dados disponíveis, resultando na caracterização de atributos de zonação essenciais simplificados para o presente modelo de análise espacial, que ficaram restritos a variáveis fitogeográficas e geomorfológicas inter-relacionadas qualitativamente estabelecidas com base nas classes hipsométricas anteriormente relacionadas

às unidades geomorfológicas e fitogeográficas, que foram subdivididas em função do suas características morfodinâmicas expressas indiretamente pelo grau de dissecação do relevo.

Portanto, tais atributos foram estabelecidos essencialmente no estudo exploratório de informações disponíveis na literatura e documentação cartográfica local e regional, verificados aleatoriamente em campo, o que possibilitou o entendimento conceitual para análise da distribuição das referidas unidades fitogeomorfológicas, permitindo em uma primeira aproximação definir parâmetros básicos para elaboração da chave de classificação das unidades:

- as unidades geoambientais de maior magnitude relacionadas aos grandes conjuntos de facetas da paisagem foram interpretadas e visualmente identificadas a partir de composição colorida gerada de imagem orbital Landsat-5 TM transformada, obtida com a técnica de transformação por principais componentes de suas seis bandas com uso das três primeiras componentes realçadas pelo método de Martin Taylor, em que as cores intensamente saturadas possibilitaram de imediato diferenciar os dois grandes sistemas envolvidos no estudo, destacados pelas gamas de cores do azul - esverdeado ao lilás no Sistema Subtropical Planáltico de domínio da Floresta Ombrófila Mista e do Verde - amarelado ao vermelho lilás no Sistema Tropical Atlântico de domínio da Floresta Ombrófila Mista.
- a individualização das unidades simples de diferentes facetas e unidades variantes dos grandes sistemas, em relevo plano tanto na planície litorânea quanto nos topos aplainados na Serra, tem na própria cobertura vegetal destacadas as variações ambientais relacionadas às características geomorfológicas em análise, sendo nesse caso a vegetação o fator determinante no mapeamento, unidades que, portanto, foram delimitadas pela classificação supervisionada das imagens orbitais, generalizadas mediante o uso de filtro de moda para sua correta representação cartográfica na escala previamente definida (1:250000). No presente estudo foram mapeados dessa forma a Planície Terrígena, a Restinga, o Manguezal e a “Zona de Cladium” na área de domínio da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e junto a áreas das Formações Pioneiras;
- nas encostas e superfícies residuais pedimentadas e pediplanadas pouco a muito dissecadas, onde a componente relacionada ao gradiente topográfico assume significativa importância, as diferentes facetas relacionadas às formações submontana, montana e

- altomontana, por apresentarem vegetação de aspecto fisionômico similar definido por 5 a 10 espécies de caráter altamente associativo, segundo KLEIN(1978), e os contatos transicionais, entre ambientes hidrofíticos, mesofíticos e xerofíticos. Os critérios de classificação supervisionada não produziram resultados satisfatórios, possivelmente decorrentes da combinação de fatores locais, como orientação das superfícies e sua inclinação, onde dificilmente, ao contrário das unidades simples anteriormente descritas ou mesmo diferente do interior das áreas planálticas, a idade e natureza dos materiais correlativos das referidas superfícies não têm influência na distribuição da vegetação, pois normalmente foram totalmente removidos dessa porção limítrofe de planalto e nas encostas da Serra do Mar, onde as características morfológicas herdadas de tais superfícies favorecem a determinação das diferenças locais. Em face de serem determinantes mais ou menos favoráveis à ação dos fatores locais na modificação do sistema de circulação atmosférica e alteração das condições hidrodinâmicas dos grandes sistemas envolvidos, suas implicações nas características e propriedades do solo são diretamente expressas na espessura e variabilidade do conteúdo de umidade do solo. Determinam diferentes facetas, que foram na presente proposição correlacionadas ao grau de estabilidade morfodinâmica ou dissecação das diferentes superfícies de aplainamento e que por meio desse critério combinado ao zoneamento vertical da vegetação, adotado no Manual Técnico da Vegetação Brasileiro IBGE (1992), serviram de parâmetros para sua delimitação, a partir de dados obtidos de modelo de elevação do terreno mediante operações zonais em SIG que sobreposto à máscara originada da imagem produzida pela classificação supervisionada, originou as unidades de mapeamento simples e ainda compôs, por procedimentos operacionais de análise de vizinhança, cruzamento, agregação e integração dos dados gerados no mapa final fitogeomorfológico, operações zonais essas a seguir detalhadas no subtítulo Operações de cruzamento e integração de dados no SIG;
- as unidades de uso da terra detectadas na classificação supervisionada, tendo sido na presente proposição desconsideradas na análise geoambiental, foram suprimidas e substituídas pelas facetas originais da paisagem, quando as últimas ainda que degradadas pela ação antrópica, puderam ser detectadas, fazendo-se sua delimitação com base nos mesmos princípios de manipulação de dados descritos no item anterior, (uso do filtro de moda combinado a uma reclassificação segmentada fundamentada no zoneamento vertical

da vegetação) no caso das áreas muito antropizadas essas foram mantidas como categoria isolada, ou seja, áreas classificadas como de uso antrópico intensivo, que passaram a ser consideradas como indefinidas, possibilitando uma visualização mais clara das referidas unidades no mapa síntese final;

- ainda que o procedimento adotado se preste também às áreas da planície, em que ocorrem as unidades variantes, que embora não sejam condicionadas ao macrozoneamento vertical, ainda que possam ser igualmente relacionada aos níveis de marés e sua microtopografia, que, no entanto, exigiriam o desenvolvimento da presente classificação em escala maior, problema que foi contornado neste caso com a manutenção das categorias geradas diretamente na classificação supervisionada, uma vez que foram identificadas efetivamente como unidades fitogeomorfológicas simples, são parte desse grupo: o Mangue, a Zona de Cladium, a Restinga e as Planícies Fluviais associadas à orla marítima.

Deste modo, o trabalho tenta demonstrar a possibilidade de a aplicação dos modelos de levantamento das superfícies de aplainamento prestar-se ao aprimoramento ou adaptação de sistemas de classificação paralela da paisagem de ambientes tropicais e subtropicais, ao mesmo tempo em que toma os conceitos de análise integrada da paisagem baseados numa concepção geossistêmica, indicando a possibilidade de aplicação das novas tecnologias de geoprocessamento como facilitadores no aprofundamento ou detalhamento de levantamentos de base, fundamentais em tal análise que envolve correlações espaço-temporais das mais complexas. Dentre estas, destacam-se os processos morfoclimáticos que podem ser sintetizados em fatores litológicos-tectônicos (geológicos), topográficos e biogeográficos, cujos resultados de classificação da paisagem, foram de modo pioneiro sugeridos por AB'SABER (1960), e mais claramente explicitados e demonstrados pelo mesmo autor uma década após (AB'SABER, 1970) em mapeamento do território brasileiro efetuado em pequena escala 1:250.00000. No entanto, até o presente tais tentativas, que já sugeriam esse detalhamento aplicado para classificação da paisagem em escalas maiores (regionais e locais), não tiveram curso; desse modo, a presente tentativa após três décadas, diante da inexistência de levantamentos sistemáticos em escala maiores, tem ainda o caráter de ensaio de identificação qualitativa de parâmetros dentre variáveis determinantes, (os quais em futuras aplicações podem ser significativamente aperfeiçoados com base em análises quantitativas), das

referidas superfícies geomórficas que, embora ainda pouco conhecidas, mas de reconhecida importância na origem e evolução das paisagens atuais.

### **Operações de cruzamento e integração de dados no SIG**

Operações zonais com álgebra de mapas em SIG, conforme conceitos propostos por TOMLIN (1990), constituíram os principais procedimentos utilizados na análise espacial que permitiram neste ensaio metodológico desenvolver a integração cartográfica (Figura 4.4).

Desse modo, as Operações zonais com álgebra de mapas em SIG:

- a) envolveram operações algébricas pontuais de consulta a um MNT gerado no SIG, para produção dos mapas de compartimentação hipsométrica ou ainda usando análises *booleanas* entre os mapas temáticos e as reclassificações, que envolveram modificações de junção topológica, e.g., agregações de classes de declividade, ou sobreposição da compartimentação geomorfológica com o grau de dissecação das superfícies.
- b) Operadores de vizinhança que se prestaram a generalização nos processos de filtragem espacial usada na imagem de classificação supervisionada, produto de processamento digital da imagem orbital Landsat-5 TM, cuja aplicação de filtro serviu para sua adequação à escala de levantamento 1:250.000 visando eliminar áreas mínimas ou insignificantes, operação esta igualmente aplicada à carta de declividade gerada a partir do MNT.
- c) Operações zonais foram aplicadas na geração do mapa fitogeomorfológico final, resultante de operações de cruzamento das compartimentações hipsométricas e do grau de preservação das unidades, definidos conforme parâmetros anteriormente descritos; para tal, utilizou-se o critério operacional de maioria zonal, para reclassificação das categorias combinado a operações de álgebra dos mapas (*overlay*).

A maioria dos compartimentos hipsométricos geomorfológicos e fitogeográficos foi estabelecida com operações de transformação zonal do MNT, a partir de valores médios do máximo e mínimo zonal, permitindo desse modo estabelecer classes relacionadas a diferentes unidades, valores estes obtidos mediante dados disponíveis na literatura, documentação cartográfica, observações de campo, análise de seções topográficas geradas a partir do MNT e interpretação visual de imagens.

Nas unidades da paisagem onde a geomorfologia é identificada e destacada pela vegetação, estas foram mapeadas pela operação de maioria zonal obtida por classificação supervisionada e filtragem, operações combinadas que serviram na delimitação das unidades

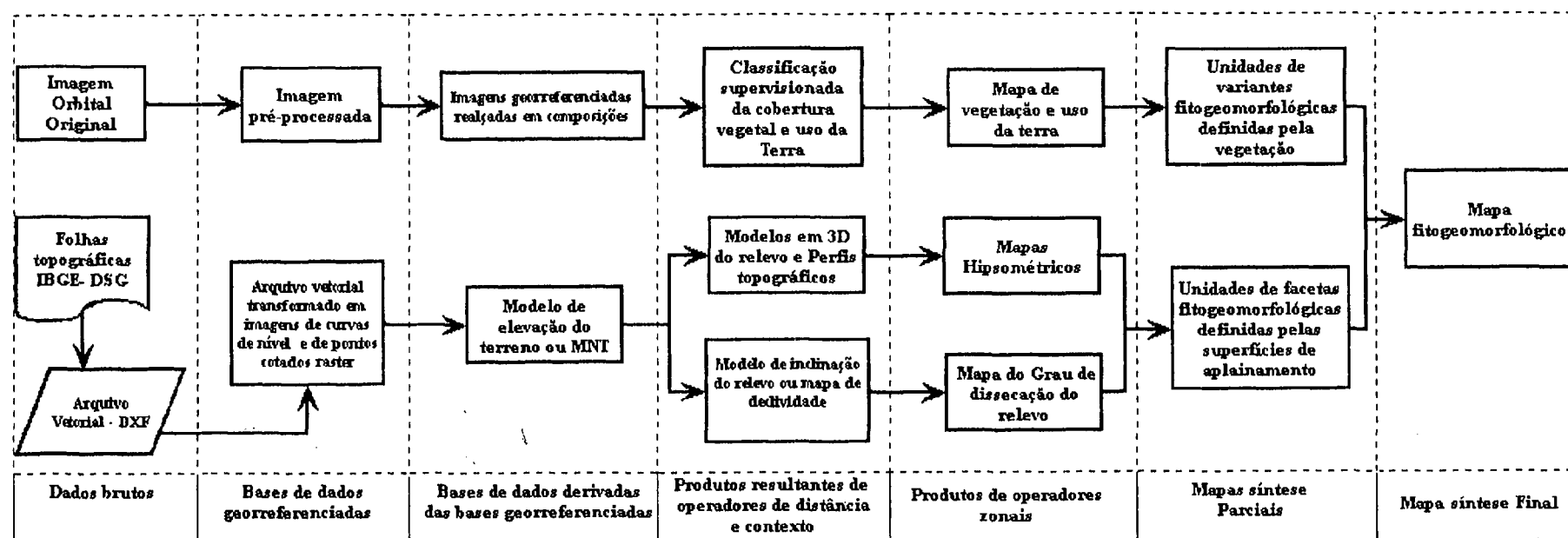
fitogeomorfológicas (unidades em que a vegetação é o principal indicador de feições ou unidades geomorfológicas).

Para efeito de análise e caracterização das unidades de mapeamento, fez-se ainda uso da estatística zonal, na geração de valores básicos expressos em algumas tabelas e gráficos com médias, máximos, mínimos, declividade, percentuais absolutos e relativos aos cálculos de áreas. Dados estatísticos estes que tiveram o objetivo de agregar algumas informações quantitativas na caracterização e análise das unidades estudadas.

Portanto, o produto cartográfico final, o mapa das unidades, resultou de uma sequência de transformações de dados e combinações de operações algébricas entre mapas, que tiveram sua geração como planos de informação em processamento digital de imagens - PDI e em operações ou manipulações em sistema de informação geográfica - SIG, cuja integração cartográfica em SIG seguiu uma modelagem ou estruturação lógica de processamento, a qual é sintetizada no modelo cartográfico interpretativo apresentado na Figura 4.4.

Figura 4-4: Modelagem cartográfica interpretativa da sequência de operações cartográficas de integração, manipulação e transformação de dados.

MODELAGEM CARTOGRÁFICA:





## 5. RESULTADOS e DISCUSSÕES

As formações ombrófilas pioneiras e suas subdivisões, conforme a literatura consultada (MAACK 1968,1981), KLEIN (1978), RODERJAN e KUNIYOSHI (1988), RODERJAN e STRUMINSKI (1992), RODERJAN (1994), SEMA/PR (1996), IBGE (1992), Leite (1995), evidenciam a relação da geomorfologia como fator preponderante nas variações da distribuição regional e local da cobertura vegetal, a qual tem sua distribuição mesmo em nível regional relacionada a determinantes da própria evolução geomorfológica ou morfodinâmica passada, (MAACK, 1948; KLEIN, 1960-1962; BIGARELLA, 1963; BIGARELLA, ANDRADE - LIMA, RIEHS, 1975; BROWN- Jr. e AB'SABER, 1979; RIZZINI, 1979).

É incontestável que as ações da morfogênese passada e a própria morfodinâmica atual apresentem aspectos, direta ou indiretamente relacionados à ocupação e sucessão da vegetação e de suas interações com os demais fatores ambientais, que determinam em grande parte a própria condição de maior ou menor proximidade do clímax climático da atual cobertura vegetal, assim como favorecem a preservação de ambientes com condições bioclimáticas e edáficas favoráveis a perpetuação de formações primitivas em refúgios ecológicos e nas associações com espécies endêmicas, relacionadas ao passado geológico mais ou menos remoto.

Junto as formações identificadas como refúgios ecológicos, que se destacam nas áreas onde a morfogênese ainda é bastante ativa, ou de passado muito recente, observa-se a ocorrência de ambientes favoráveis ao desenvolvimento de Formações Pioneiras. Tais fatos, associados à significativa amplitude topográfica da região, localmente em torno de 1.500 m (em um dos picos do conjunto Marumbi), e à grande diversidade de ambientes na região-marinhos, fluviais e continentais, contribuem para a rica biodiversidade encontrada nessa área de Formações Ombrotérmicas, onde segundo dados de Klein citado in LEITE (1995), somam mais de 700 espécies arbóreas, com elevado índice de endemismo, chega 50%.

Apresentando tantas diferenças ambientais e tão rica diversidade de espécies, as diferentes associações seriam de fácil reconhecimento e delimitação se não fosse o fato de 5 a 10% das espécies apresentarem um caráter altamente associativo em que a dominante *Ocotea*

*Catharinensis* (canela preta) ocupa de 30 a 50% do estrato superior da Floresta Ombrófila Densa nas encostas da Serra do Mar, avançando sobre o Planalto e a Planície Costeira, o que dá ao conjunto um aspecto fisionômico de notável homogeneidade, dificultando o seu mapeamento, mesmo com o uso de fotografias aéreas.

Neste caso, o uso de técnicas e sistemas de classificação que empregam procedimentos que permitem integrar informações correlatas, facilita o mapeamento dessas unidades. A aplicação de modernas técnicas de sensoriamento remoto, como as de processamento de imagens para realce de dados invisíveis ao analista, somada aos avançados recursos de manipulação de dados espaciais georreferenciados em SGI, permite efetivar a aplicação de operadores zonais, melhorando a confiabilidade em sua delimitação, mesmo em levantamentos genéricos como do presente estudo.

## 5.1 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

As imagens Landsat5-TM utilizadas são parte de uma cena completa com suas diversas bandas, exceto a termal, e foram importantes na geração de informações, para a análise e mapeamento da distribuição da vegetação e das unidades geomórficas, bem como, serviram de bases para o Sistema de Informação Geográfica - SIG, para geração do mapa síntese de integração fitogeomorfológica.

Tais imagens e os produtos cartográficos produzidos no seu processamento, foram pré-processadas, georreferenciadas e analisadas, seus resultados são a seguir sintetizados.

### 5.1.1 Pré-processamento (Correção Geométrica das Imagens):

Considerando as limitações das bases cartográficas mencionadas no capítulo Material e Métodos o ajustamento obtido nos registros atingiu um erro médio quadrático RMS (*Root Mean Square Equation*) entre os valores de 0,50 pixel para "X" e 0,55 pixel para "Y", ou seja respectivamente 15 m e 16,5 m, erro considerado tolerável para a escala base do levantamento adotada para o estudo, para geração de mapas na escala 1:200.000 e 1:260.000.

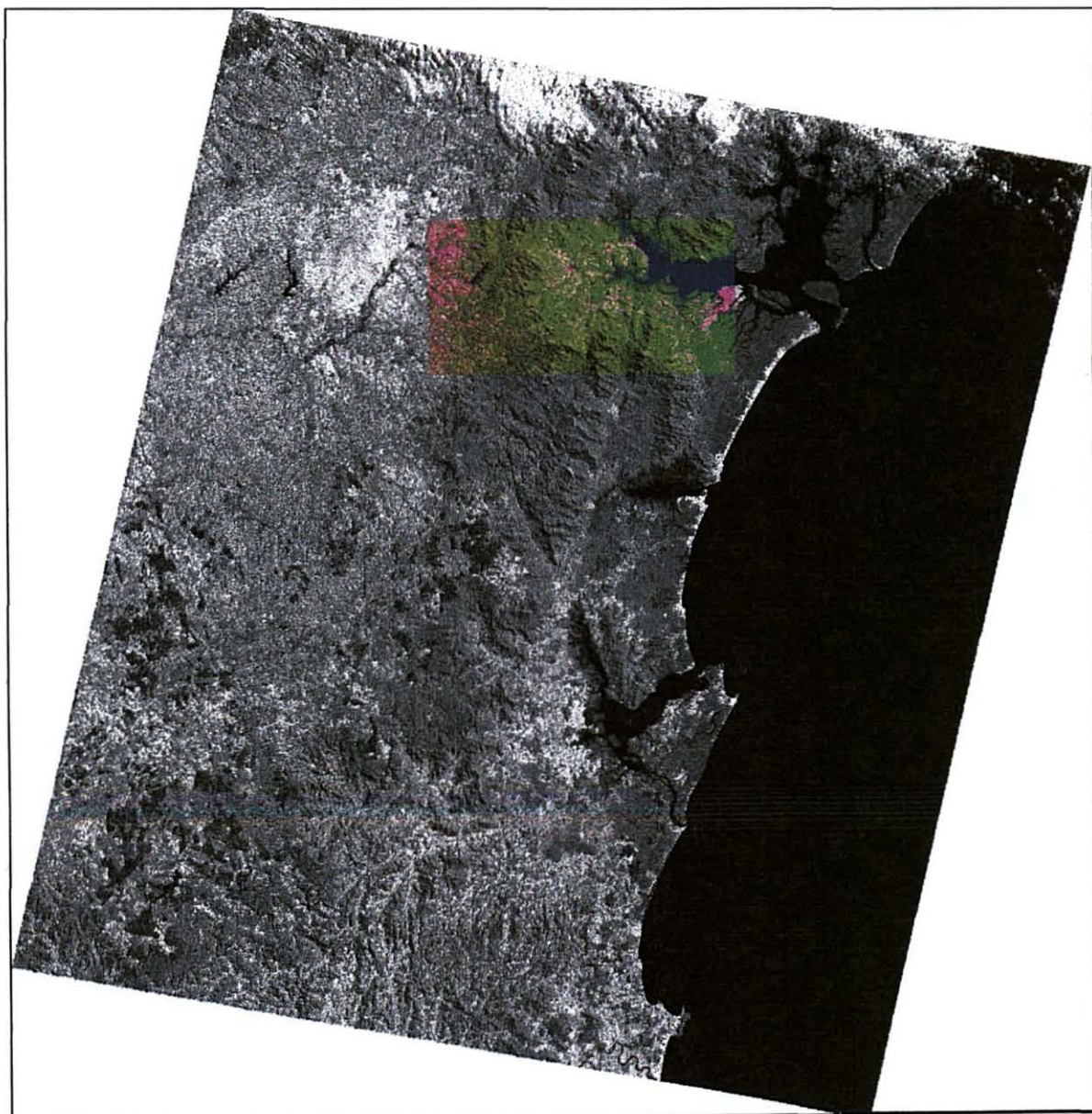


**Figura 5-1 - Imagem completa georreferenciada:**  
Composição colorida das bandas 5,4, 3, (R-G-B) da cena (imagem Landsat5-TM ).

A imagem Landsat5-TM de 1997, geometricamente corrigida, foi registrada em sistema de referencia UTM, com base em pontos de controle identificados nas folhas planialtimétricas escala 1:50.000, restituídas pelo DSG e IBGE USAF, resultantes da escolha aleatória de 33 pontos de controle ou GCPs, (*Ground Control Points*). Buscou-se atender a características satisfatórias de ajustamento, adensamento e distribuição, considerando-se a defasagem temporal das bases cartográficas. Após criteriosa análise de confiabilidade na localização, dos pontos de controle escolhidos sobre a imagem para o ajustamento do modelo dentre mais de uma centena de pontos identificados na imagem, os que apresentavam um RMS elevado foram eliminados e ou substituídos, tendo como base feições bem definidas de



grande contraste espectral na imagem facilmente identificáveis nas folhas planialtimétricas e que mereciam maior confiabilidade, (Anexos: 7 e Tabela 8.1). No final da correção geométrica, três pontos com resíduos mais elevados ainda foram abandonados para melhor ajustar o modelo.



**Figura 5-2 Imagem georreferenciada e localização da área de pesquisa:**

Imagem geometricamente corrigida da banda 5 Landsat5-TM com overlay de recorte da imagem correspondente à área de estudo figura ao lado em composição colorida bandas 3-4-5 Landsat5-TM

### 5.1.2 Processamento das Imagens e Integração dos Dados em SIG:

Como grande parte da área é coberta por vegetação de aspecto estrutural ou fisionômico muito homogêneo, o seu mapeamento mesmo com base em trabalho de fotointerpretação, é difícil, fato igualmente verificado em faixas de transição entre outras subformações. Esses fatores foram decisivos para definir formas alternativas de mapeamento, dentre as quais identificou-se na compartimentação topográfica, que serve neste estudo tanto para auxiliar na delimitação das áreas de distribuição da vegetação (Tabela 5.1) quanto na definição de critérios genéricos para a delimitação das superfícies geomorfológicas de agração e degradação; identificação dos níveis de erosão e ou sedimentação. Esses parâmetros integrados serviram como base para mapeamento dos diversos biótopos, identificados na classificação fitogeomorfológica como facetas ou variantes dos sistemas da terra envolvidos, correspondendo, respectivamente, às unidades geomórficas mencionadas e aos domínios morfoclimáticos.

**Tabela 5.1: Unidades Fitogeográficas e sua principais características.**

<b>Formação fitogeográfica</b>	<b>Tipo de vegetação</b>	<b>Altitude a.n.m. (*)</b>	<b>Região Bioclimática</b>
Ombrófila densa e aberta altomontana	Xerófila	>1200	Centro Sul
Ombrófila densa Montana	Mesófila	700 a 1200	Centro Sul
Ombrófila densa submontana ou baixo montana	Higrófila	50 a 800	Litoral
Ombrófila densa de planícies aluviais	Higrófila	0 a 50	Litoral
Ombrófila Mista com Araucária	Tropófila <sup>(1)</sup> ou Mesófila - Ciófila <sup>(2)</sup>	600 a 1000	Centro Sul
Mata Ciliar com campos edáficos	Tropófila <sup>(1)</sup> ? ou Mesófila - Ciófila <sup>(2)</sup>	800 a 950	Centro Sul

Tabela elaborada com base em: EMBRAPA (1986); RIZZINI (1979); RODERJAN e KUNIYOSHI (1988)

(\*) Valores ajustados conforme observações de campo

(1) Coexistência de adaptações xerofíticas e hidrofíticas. (WETTSTEIN, 1970)

(2) Condição de desenvolvimento da atual cobertura vegetal. (KLEIN, 1962).

### 5.1.3 Composições de Imagens Multiespectrais

As composições coloridas RGB geradas a partir das bandas 5/4/3 do sensor Landsat5-TM (Anexo 03), como base para análise e amostragem das unidades estudadas, não se comportaram em algumas situações como as mais adequadas na distinção da cobertura vegetal e uso da terra, em função das similaridades da cobertura vegetal e nas áreas de baixa cobertura

vegetal (alta exposição de solos) onde reflectância de solos na banda TM-5 gerava frequentemente confusão entre áreas de mineração, afloramentos rochosos áreas urbanas e solos expostos.

A combinação das bandas 3/2/1 (Anexo 1), em RGB, mostrou resultados mais satisfatórios para a discriminação visual de alvos com ausência de vegetação e diferentes situações de solo exposto, áreas urbanas, áreas de mineração, afloramentos rochosos, asfalto, etc., porém com certo comprometimento de qualidade, dada a presença de ruído ocasionada a degradação dos sensores e pela interferência atmosférica nas bandas 1 e 2. Apesar de terem sido aplicados recursos específicos para atenuar tais efeitos, os resultados obtidos com relação à cobertura vegetal não foram satisfatórios.

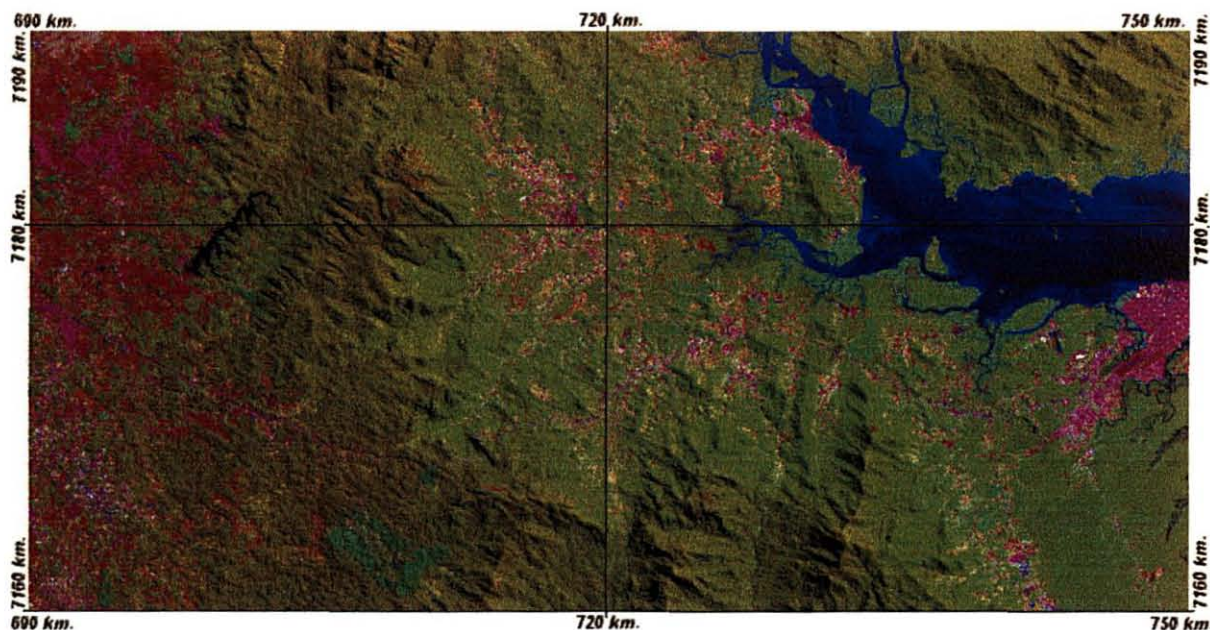
A faixa do espectro eletromagnético, representada pelas bandas 3/4/ 5 do TM (Anexo 2), teve melhor desempenho na geomorfologia, confirmando as observações de VERSTAPPEN (1977) e OLIVEIRA (1996), sendo as melhores para a discriminação de feições geomorfológicas de modo geral favorecendo uma excelente visualização dos corpos d'água, permitindo o delineamento dos cordões arenosos, entremeados por lagos ou áreas pantanosas de forma alongada, que definem o padrão de evolução recente da planície de restinga.

RODERJAN (1994), em levantamento por fotointerpretação, afirma que o contato da Floresta Ombrófila Densa cujo ecótono (contato) com a Floresta Ombrófila Mista ocorre de forma nítida e permite delinear com relativa facilidade o limite que separa as referidas formações.

No entanto, no desenvolvimento do presente estudo com uso das imagens orbitais, observou-se que a passagem nem sempre é abrupta ou nítida, pois constatou-se em campo a existência de uma faixa irregular de transição, a qual em particular no levantamento com uso das imagens com resolução espacial de 30 metros, (Figura 5.3) dificultou a sua delimitação.

Para destacar essa faixa de transição e outras feições de interesse, utilizaram-se diversas técnicas de realce visual. Obteve-se melhor resultado com a técnica de transformação dos componentes principais (Anexo 8), quando comparado com composições geradas com realces lineares e de equalização em combinações de bandas anteriormente mencionadas.



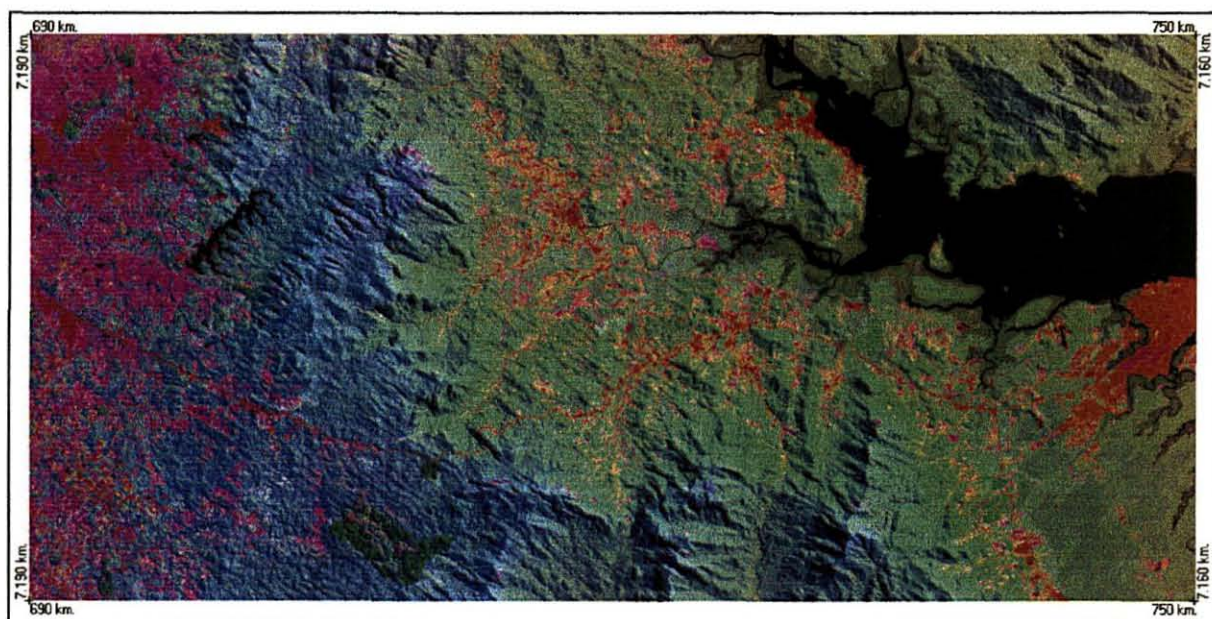


**Figura 5-3 - Recorte da imagem Landsat5-TM , bandas 3(B), 4(G) e 5(R); correspondente á área de estudo.**

A diferenciação das duas subzonas identificadas na classificação proposta por LEITE (1995) (Subzona Ombrotérmica Costeira domínio da Floresta Ombrófila Densa, com suas diversas formações fitoecológicas, contrapondo-se a Subzona Ombrotérmica Planaltina domínio da Floresta Ombrófila Mista) foi destacada no processamento digital das imagens orbitais com o método de tratamento específico de realce de contraste - Método de Martin Taylor - aplicado após a manipulação e análise dos dados por componentes principais das seis bandas utilizadas do sensor Landsat5-TM , do qual resultou uma imagem com tons rosa e verde azulados, que caracterizam o ambiente Ombrotérmico Planaltino/Alto Montano (o acréscimo do termo Alto Montano à terminologia de LEITE (1995) deve-se ao fato de ter sido englobada nessa unidade bioclimática a área alto montana propriamente dita), e tons laranja e verde amarelados relativos ao ambiente Ombrotérmico Costeiro, conforme pode ser observado na Figura 5.4.

A partir das três componentes principais Pc1, Pc2 e Pc3, que apresentaram a maior variação de informações, foi gerada uma composição RGB na qual foi aplicada a técnica de realce de imagens Martin Taylor, para otimizar a análise visual, considerando-se que este realce produz uma imagem com cores intensamente saturadas (Figura 5.4)., que embora com colorido diverso das composições usuais, auxiliou bastante na interpretação e localização dos alvos em estudo.





**Figura 5-4 - Composição falsa cor Landsat5-TM das três primeiras componentes principais:** Imagem composta da seleção das três primeiras PC's (principais componentes) derivadas de corte da cena Landsat5-TM, órbita 220 ponto 78 (bandas 1,2,3,4,5 e 7), processadas com o uso de técnicas de ACP e realce de contraste pelo método de Martin Taylor, implementadas no software PCI- Easi/Pace.

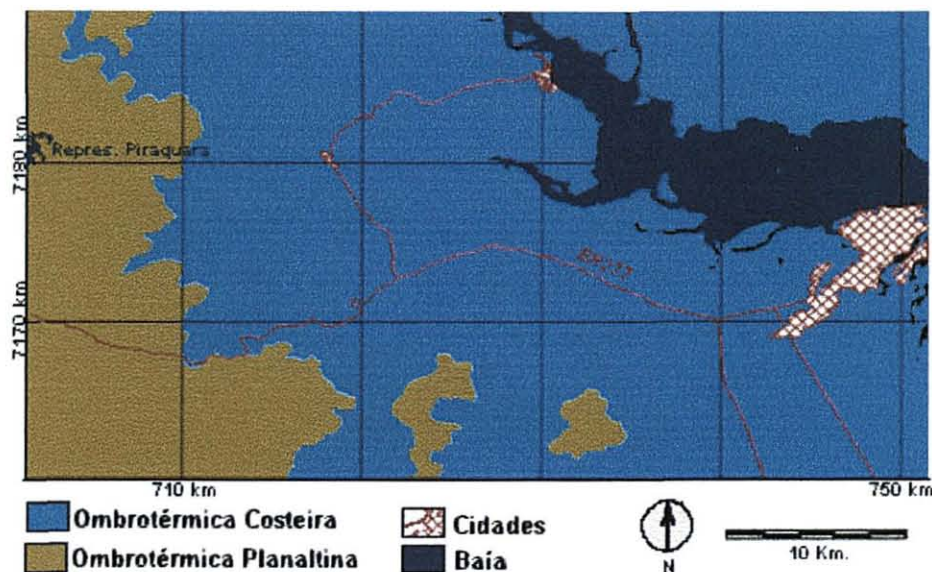
A Zona Ombrotérmica e sua subdivisão bioclimática ( Subzona Ombrotérmica Costeira e Subzona Ombrotérmica Planaltina), a seguir (figura 5.5), foi possibilitada na transformação, pelo método de Martin Taylor:

1- A Subzona Ombrotérmica Costeira localizada nas escarpas orientais e planície costeira estendendo-se até a orla marítima, abrange o domínio da Floresta Ombrófila Densa, com suas diversas formações fitoecológicas, onde prevalece um clima de verão e inverno moderados.

2- A Subzona Ombrotérmica Planaltina domínio da Floresta Ombrófila Mista com clima moderado e inverno mais rigoroso contrapõem-se com a vegetação tropicalizada das escarpas orientais da Serra do Mar.

O Primeiro Planalto do Paraná, classifica-se como uma complexa área de transição e certamente tratar-se de uma área de forte tensão ecológica pelo fato de comportar disjunções ou enclaves. Esse espaço caracteriza-se como naturalmente instável ou de equilíbrio ecológico precário e, que, em face do impacto gerado pela pressão da ocupação metropolitana, que adentra essa porção ocidental da área, sua condição vem se tornando ainda mais crítica.





**Figura 5-5 - Subzonas Bioclimáticas da Zona Ombrófila:**

Unidades delimitadas com auxílio do software IDRISIW, a partir de amostras coletadas em composição de principais componentes de imagens Landsat5-TM (PC's 1,2,3,) processadas no software PCI- Easi/Pace. Produto gerado por processamento classificação e posterior aplicação de filtro de moda com dimensões de 5X5 e generalização com base no modelo numérico do terreno.

Tais condições puderam ser constatadas no campo, em áreas limítrofes ao parque do Marumbi, onde em plena área do ecótono ou transição de Floresta Ombrófila Densa para Floresta Ombrófila Mista, há especulação imobiliária destinando parte deste espaço para chácaras de lazer, com infra-estrutura favorável ao adensamento da ocupação antrópica. Houve o corte raso da floresta, área esta que deveria ser preservada ou destinada à regeneração da floresta primitiva para recomposição dos ecossistemas naturais que apresentam adaptações tão particulares e que certamente são necessários para a garantia da preservação da biodiversidade dessa região. O aspecto fisionômico altomontano encontrado na formação da Floresta Ombrófila Mista, observado nessa área é raro na região, onde a natureza edáfica e microclimática é relacionada às superfícies muito dissecadas de remanescente de pediplano situado na borda oriental do planalto de Curitiba.

Esses fatos apontam para a importância e a urgência de estudos mais detalhados de suporte a um plano de reordenamento de uso do referido espaço, a fim de evitar o comprometimento irreversível dessa área, que compreende parte de um conjunto natural de inestimável valor ecológico e “segurança ambiental”, conforme BIGARELLA (1974).

#### 5.1.4 Classificação Supervisionada da Vegetação e Uso da Terra

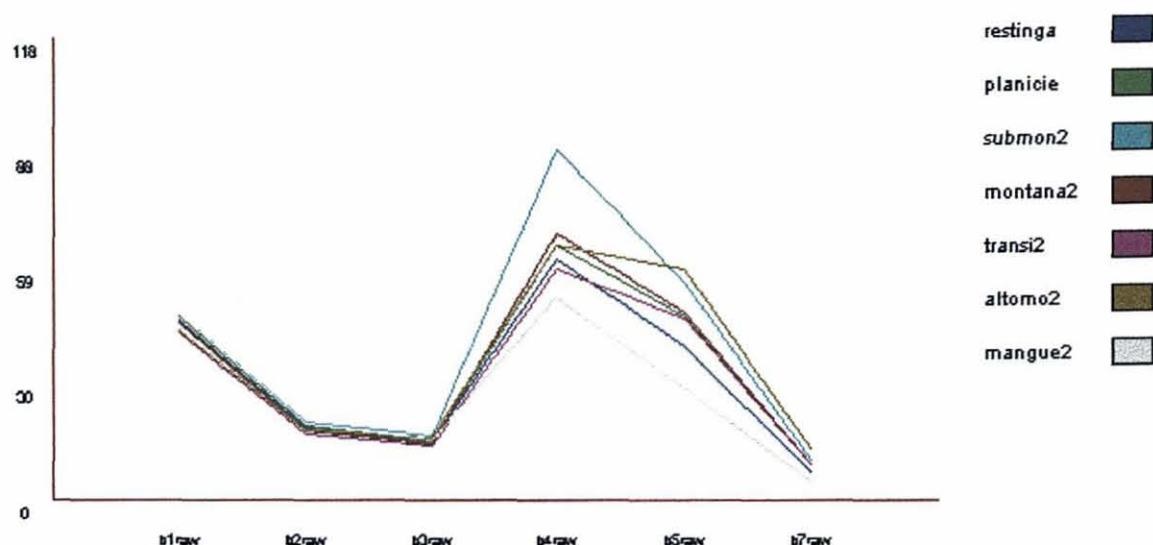
Os tipos de cobertura da superfície definidas como variáveis fitogeográficas no presente estudo foram mapeados e identificados conforme critérios da nomenclatura fitogeográfica adotada pelo IBGE (1992).

O mapa de Cobertura vegetal e Uso da Terra, foi gerado por classificação supervisionada, determinada conforme amostras coletadas de alvos identificados na imagem transformada pela análise por principais componentes realçada pelo método de Martin Taylor e verificados em campo (respectivamente: Figura, 5.6 e Anexo 8-3).

Os testes de confiabilidade das amostras na classificação supervisionada efetuada pelo método de máximo verossimilhança no software PCI-Easi/Pace ficaram acima de 85% de confiabilidade (vide exemplos no anexo 6). Na análise dos gráficos dos valores médios das assinaturas espectrais dos alvos (vide gráficos 5-1 e 5-2), observa-se certa sobreposição das assinaturas médias que decorrem de dois fatores:

- 1) da similitude existente entre a composição de algumas composições florísticas, bem como dos solos;
- 2) já nas bandas 1, 2 e 3 (Anexo 8.1) constatou-se o baixo contraste espectral apresentado pelos alvos de modo que seus valores ficam muito próximos; ainda nas bandas 1 e 2, perturbação decorrentes da interferência atmosférica e a presença de ruído dificultam o uso dessas na classificação.

A análise do comportamento espectral dos valores médios dos DN's obtidos nas amostras permitem observar que as bandas 4 e 5 foram as que melhor discriminaram as unidades fitogeográficas e de uso da terra, pois apresentaram os maiores contrastes espectrais, sendo distintas as médias e ocorrendo apenas uma sobreposição na banda 4, demonstrada entre a Formação da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e Floresta Ombrófila Densa Altomontana e na banda 5 ocorrendo uma sobreposição das mesmas entre três categorias: a Floresta Ombrófila Densa Montana e a Floresta de Transição para a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas.



**Gráfico 5-1: Comparação das assinaturas espectrais nas seis bandas dos alvos de interesse na classificação fitogeográfica:**

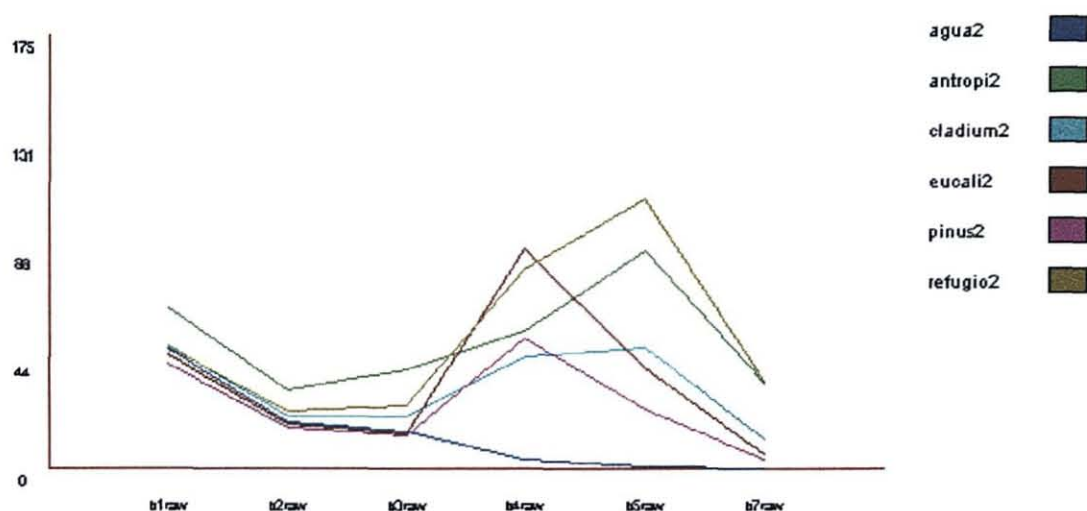
Médias espectrais nas seis bandas (Wb1raw, Wb2raw, Wb3raw, Wb4raw, Wb5raw, Wb7raw), do sistema Landsat5-TM, de amostras de arquivo vetorial de polígonos (arquivos de treinamento) gerados no *software* PCI-Easi/Pace digitalizados sobre composição colorida realçada Gerada no *software* PCI-Easi/Pace 6.0 (vide imagem em Anexo - 03). Amostras: **restinga** (Floresta Ombrófila Densa das Planícies de Restinga); **planície** (Floresta Ombrófila Densa das Planícies Aluviais ou Terras Baixas); **submon2** (Floresta Ombrófila Densa Submontana); **montana2** (Floresta Ombrófila Densa Montana); **transi2** (Floresta de Transição da Ombrófila Densa Montana para Ombrófila Mista com Araucária); **altomo2** (Floresta Ombrófila Densa Altomontana) e **mangue2** (Manguezal). Amostra essas utilizadas na Classificação supervisionada efetuada pelo método máximo verossimilhança, para geração do Mapa de Vegetação e Uso da Terra, (Figura 7.0)

Entre as unidades definidas como de interesse, apenas as formações Submontana com a Floresta Ombrófila Densa Montana apresentaram dificuldades severas na obtenção de amostras que permitissem sua classificação, fato que pode ser explicado pela natureza de suas composições florísticas, bastante similares e desenvolvidas sobre solos muitas vezes idênticos. Devido à dificuldade encontrada optou-se pela aglutinação das unidades como uma associação, para finalidade de classificação em unidades fitogeográficas; assim sendo, foram classificadas como uma associação de Floresta Ombrófila Densa Submontana e Floresta Ombrófila Densa Montana, como pode ser verificado no Mapa de Vegetação e Uso da Terra (Figura 5.6).

As demais formações Ombrófilas Densas, embora não tenham apresentado grande diferenciação destacada pela sobreposição das assinaturas médias espectrais, vide Gráficos 5.1 e 5.2, entre algumas unidades de mapeamento da Floresta Ombrófila Densa e até mesmo apresentaram certa confusão na faixa de transição com a Formação Ombrófila Mista, possivelmente em função de fatores relacionados aos materiais subjacentes. Por outro lado,



quando relacionadas a bandas nas quais os elementos geomorfológicos que têm maior reflectância favorecerem a sua classificação, fato que pode ser observado na banda 7 que demonstra melhor discriminação espectral (contraste) entre os alvos em relação à banda 3.



**Gráfico 5-2: Comparação das assinaturas espectrais das amostras dos alvos de interesse na classificação fitogeográfica:**

Médias espectrais nas seis bandas (Wb1raw, Wb2raw, Wb3raw, Wb4raw, Wb5raw, Wb7raw), do sistema Landsat5-TM de amostras de arquivo vetorial de polígonos (arquivos de treinamento) digitalizados sobre composição colorida realçada Gerada no software PCI-Easi/Pace 6.0 (vide imagem em Anexo - 03). Amostras: agua2 (corpos aquáticos superficiais de dimensões significativas); antropi2 (Áreas muito Antropizadas); cladium2 (Zona de Cladium); eucali2 (Reflorestamento de Eucalipto); pinus2 (Reflorestamento de Pinus) e refugio2 (Refúgio Ecológico), que foram utilizadas na Classificação supervisionada efetuada pelo método máximo verossimilhança implementado para geração do Mapa de Vegetação e Uso da Terra, (Figura 5.6)

Após a classificação os resultados passaram por procedimentos de generalização para adequação à escala de mapeamento com o uso de recursos de filtragem no *IDRISIW* 2.0, que se avaliou como adequado à geração de unidades mínimas de representação cartográfica de polígonos com pelo menos 5 mm.<sup>2</sup>, pois áreas menores foram consideradas insignificantes para a escala do mapeamento adotado. Tal generalização que foi obtida com o uso do filtro de moda com 5x5 pixel, ou seja, 150x150 metros.

Eventualmente o uso de um filtro de moda pode ter originado alguns conflitos no mapeamento pelo efeito de borda nos reflorestamentos de pinus e eucalipto, o mesmo acontecendo com as áreas da Zona de Cladium, que, ao ocuparem espaços onde há mistura com espécies de outras unidades ou mesmo a mescla com faixas estreitas de outras unidades, podem ter sua extensão espacial sensivelmente alterada. Ainda, devido a mesma razão em relação à escala, ao mapear as unidades com pequena dimensão espacial como associações, destacaram-se os afloramentos rochosos e campos de altitude associados à unidade definida

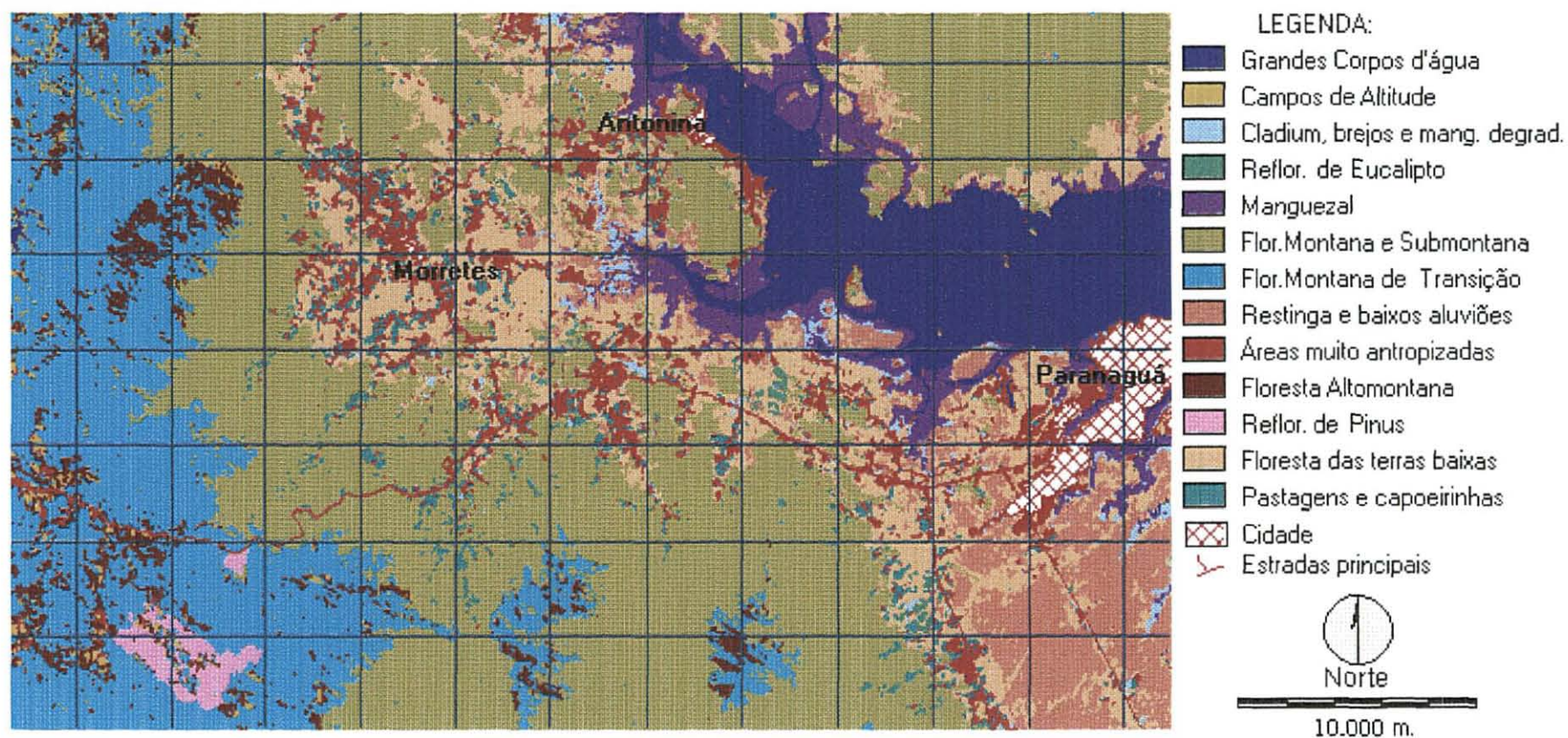


Figura 5-6- Mapa produzido a partir da classificação supervisionada de vegetação e uso da terra.



como Refúgio Ecológico, assim como os solos de cultivo com elevada exposição e aqueles efetivamente expostos em preparo, entre as áreas edificadas e as ruas nas áreas urbanas ou asfalto nas faixas adjacentes às rodovias. Essas unidades no presente estudo foram associadas em uma única unidade, generalizada como Áreas muito Antropizadas. Tais inclusões ou generalizações certamente não afetam o presente estudo, que, como ensaio metodológico, priorizou sua análise nos aspectos qualitativos dos resultados e tem nessa classificação supervisionada apenas mais um referencial.

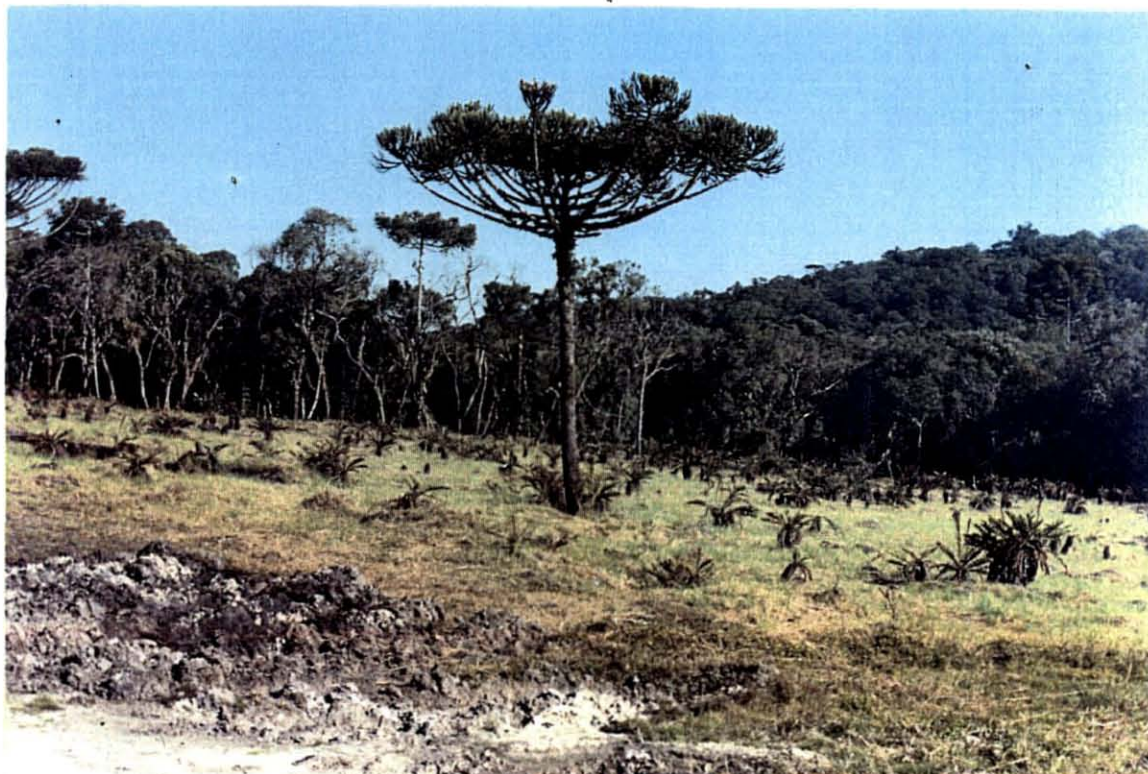
## 5.2 UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS

Das diversas formações fitogeográficas presentes na região, são identificadas com suas características fitogeográficas originais mais ou menos preservadas quinze formações ou associações fitogeográficas, evidenciadas mediante levantamentos com observação *in loco* e complementados com informações obtidas na literatura, além das informações geradas com técnicas de processamento digital de imagem orbital, por meio da classificação supervisionada (vide Classificação supervisionada da vegetação e uso da terra). Dessas quinze, apenas as duas primeiras, não são encontradas na área de estudo:

1. Associação de Formações Pioneiras Com Influência Marinha - “Pes-caprae”
2. Associação de Formações Pioneiras Com Influência Marinha - “Faixa de Antedunas e de Pequenas Dunas de Retenção”
3. Associação de Formações Pioneiras Com Influência Fluvial e Marinha - “Faixa Aluvial com Restingas”
4. Associação da Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha - “Manguezal”
5. Associação da Formação Pioneira do Litoral Rochoso
6. Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
7. Floresta Ombrófila Densa Aluvial
8. Floresta Ombrófila Densa Submontana
9. Floresta Ombrófila Densa Montana
10. Floresta Ombrófila Densa Altomontana
11. Sistema de Refúgios Vegetacionais
12. Estepe Gramíneo-Lenhosa (Campos e Capões com Araucária)
13. Formações Pioneiras com Influência Fluvial (Campos edáficos das Várzeas)
14. Floresta Ombrófila Mista
15. Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Matas de Galeria)

Sob o ponto de vista de diferenciação, as três unidades pertencentes à Zona de domínio da Floresta Ombrófila Mista com Araucária são facilmente identificadas e mapeadas, pelos mesmos critérios usados na fotointerpretação em imagens orbitais, dado suas

caraterísticas estruturais e de composição, além da natureza diversa do material constituinte de seus biótopos, que propiciam grande contraste visual, ou seja: forma textura, tonalidade e ou cor.



**Foto 5.1. Detalhe de vegetação na área de transição entre a Floresta Ombrófila densa e Floresta Ombrófila Mista com Araucária:**

Em primeiro plano associação de estepe com araucária onde esta apresenta características de redução nas dimensões da espécie que em estágio adulto chega a ter menos de 8 metros, localmente ainda chama atenção a grande concentração de uma espécie não identificada de xaxim, a floresta igualmente apresenta um desenvolvimento diferenciado nesta área de transição onde a característica de nanismo das espécies é similar ao identificado em formações Altomontanas e deixa de existir o estrato emergente.

A Floresta Ombrófila Mista com Araucária, e a Associação Formação Pioneira sob Influência Fluvial de Campos Edáficos e Mata Ciliar, por apresentarem extensão muito limitada e em função da escala final de apresentação do mapeamento adotado deixaram de ser cartografadas como unidades e como se encontram junto ao ecótono, ou seja, em zona de transição com a Floresta Ombrófila Densa, foram mapeadas como uma associação denominada Floresta Montana de Transição (Foto 5.1). De modo análogo, a Formação Pioneira do Litoral

Rochoso e as Formações Aluviais da planície foram, respectivamente, agrupadas na Associação da Formação Pioneira com Influência Fluvio-marinha - “Manguezal” e Associação de Formações Pioneiras Com Influência Fluvial e Marinha - “Faixa Aluvial com Restingas”. Diante da grande homogeneidade fitofisionômica e a dificuldade de obtenção de um bom resultado na classificação supervisionadas das formações, Submontana e Montana da Floresta Ombrófila Densa estas unidades foram mantidas associadas.

### 5.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Uma criteriosa compartimentação hipsométrica da paisagem com base em informações de ordem fitogeomorfológica pode ser considerada relevante em estudos direcionados a um zoneamento da paisagem, com aplicação direcionada ao manejo florestal, ao estudo da ecologia da paisagem, à biogeografia e ao planejamento ambiental, dentre outras aplicações.

A análise e o mapeamento das unidades geomorfológicas, no que se refere às superfícies geomórficas anteriormente descritas e identificadas como níveis de erosão e ou sedimentação ( baixos níveis das planícies sedimentares sub-atuais e atuais; pedimentos  $P_2$  e  $P_1$ ; e pediplanos ( $Pd_1$ ,  $Pd_2$  e  $Pd_3$ ), quanto à sua posição topográfica no aspecto altimétrico, são de fundamental importância no estudo proposto, na delimitação da paisagem, pois apresentam de modo análogo ao zoneamento vertical da vegetação uma disposição similar e relativamente bem definida em classes hipsométricas condicionadas à compartimentação regional.

Tal divisão da paisagem localmente é definida por dois níveis de base regionais, o Oceano Atlântico e a Bacia do Iguaçu/Paraná (localmente sub-bacia Alto Iguaçu), compondo dois grandes conjuntos de compartimentos relacionados aos domínios fitogeográficos da Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa, respectivamente compreendendo a zona planáltica, correspondente ao Planalto de Curitiba e à zona litorânea, esta última compreendendo dois compartimentos fisiográficos, a Serra do Mar e a Planície Litorânea, que engloba a Orla Litorânea, a Baía de Paranaguá e a planície sedimentar.

Mediante a análise de ocorrência de pontos cotados relacionados a topos remanescentes das principais superfícies geomorfológicas, observa-se, conforme dados levantados nas cartas topográficas (Tabela 5.2) e verificação em campo, a sua maior frequência junto aos compartimentos reafeiçoados mais recentemente e relativamente mais preservados



(declives inferiores a 12%), localizados nos compartimentos: de 0-50 m a.n.m. ou da Superfície dos Baixos terraços e rampas pouco dissecados; 800-1.000 m a.n.m. ou da

**Tabela 5.2: Frequência nos intervalos de classe de pontos cotados:**

Onde 1- Superfície dos Baixos terraços e rampas dissecados e planície sedimentar de natureza flúvio - marinha (0-50 m. a.n.m.); 2- Superfície do Pedimento dissecado  $P_1$ , tálus e terraços (50-250 m. a.n.m.); 3- Superfície do Pedimento dissecado  $P_2$ , (250-450/500 m.a.n.m.); 4- Superfície do Pedimento  $P_2$  e Pediplano  $Pd_1$  muito dissecado e rebaixado, escarpas intermediárias (450/500-800 m.a.n.m.); 5- Superfície do Pediplano  $Pd_1$  residual nas serras e planalto (800-1000 m.a.n.m.); 6- Superfície elevada do Pediplano  $Pd_1$  e de remanescentes do Pediplano  $Pd_2$  muito dissecado e rebaixado nas serras (1000-1200 m.a.n.m.); 7- Superfície do Pediplano  $Pd_2$ , e Pediplano  $Pd_3$  dissecado e rebaixado nas serras (1200-1400 metros a.n.m.); 8- Superfície de remanescentes residuais elevadas do Pediplano  $Pd_3$ , nas serras elevadas (> 1400 m.a.n.m.).

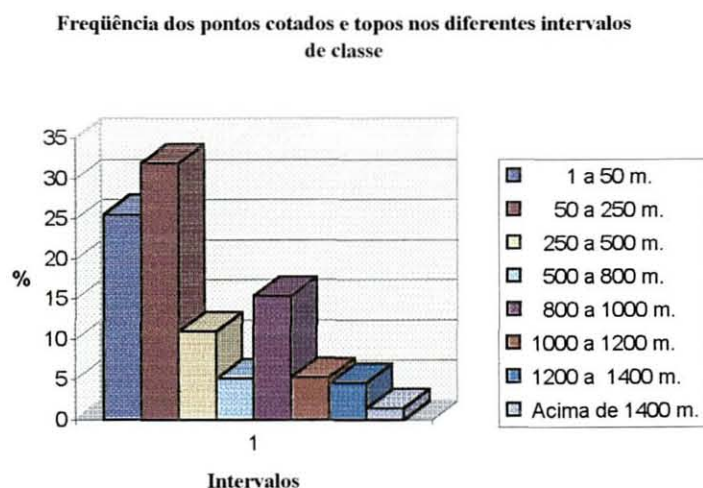
Compartimentos	Intervalo de classe	Frequência	Frequência de topos em %	% em área - Classe de declividade 0-12%
1	0 a 50 m.	145	25.528169	52.729139
2	50 a 250 m.	181	31.8661972	9.913950
3	250 a 500 m.	62	10.915493	2.948589
4	500 a 800 m.	29	5.1056338	2.428573
5	800 a 1000 m.	87	15.3169014	22.556220
6	1000 a 1200 m.	30	5.28169014	3.936033
7	1200 a 1400 m.	26	4.57746479	2.852268
8	Acima de 1400 m.	8	1.4084507	2.635227
TOTAIS		568	100	100

Superfície do Pediplano  $Pd_1$ , que vai desde o muito dissecado ao elevado; respectivamente localizados na Planície Costeira e borda do Planalto de Curitiba, neste último os percentuais certamente devem ser ainda mais elevados na porção onde as superfícies são bem mais preservadas, pois os valores apresentados referem-se apenas às suas bordas orientais, já atingidas pela erosão remontante das bacias dos rios da vertente atlântica.

Junto ao compartimento do nível  $Pd_1$ , na região planáltica encontram-se as demais superfícies pedimentares embutidas,  $P_2$  e  $P_1$ , das quais os níveis altimétricos de base não devem ter sido inferiores a 800 m a.n.m., pois o atual nível de base da bacia Alto Iguaçu fica na área em torno de 850 m a.n.m., superfícies pedimentares essas que não ultrapassam a cota de 1.000 metros a.n.m., portanto com amplitude em torno de 150 m, o que para efeitos de análise regional as diferencia bastante dos aproximados 450 metros de amplitude encontrados nas superfícies da orla da serra e litoral.

Portanto, embora seja registrada a ocorrência regular das superfícies pedimentares no planalto de tais pedimentos e respectivas superfícies de terraços correlativos, para adaptação à escala adotada foram definidas as classes 800- 850; 850-900 e 900- 1.000 m a.n.m., agrupadas na classe, 800 a 1.000 m a.n.m., como parâmetros utilizados na análise e compartimentação da paisagem.

A redução do número de topos, observada no intervalo entre 500 e 800 m a.n.m, (Tabela 5.2 e gráfico 5.3), foi relacionada à escarpa intermediária que, em termos de continuidade espacial, é a principal da Serra do Mar. Esta foi delineada nitidamente a partir de seu nível inferior, contato com a principal zona de ocorrência dos depósitos de piemonte associados às superfícies pedimentares  $P_1$  e  $P_2$  (20 a 500 m. a.n.m) e respectivos terraços correlativos, além de abrigar com relativa frequência depósitos tálus. Dado o seu acentuado gradiente e a amplitude altimétrica, de suas características morfológicas, o referido compartimento foi relacionado às Escarpas Intermediárias, embora regionalmente e localmente considerado por AB'SABER e BIGARELLA (1961) como concordante ao que consideram como sendo particularmente relacionadas ao reafeiçoamento dos grandes alvéolos de origem climática, pela erosão remontante dessas feições.



**Gráfico 5-3: Percentual relativo de frequências de topos e pontos cotados relacionados as diferentes classes de relevo representativas das unidades geomorfológicas.**

Eventualmente, essas feições escarpadas frontais aos anfiteatros suspensos estão também correlacionadas a linhas estruturais (falhas geológicas); a evolução das mesmas pode estar ligada a algum reafeiçoamento estrutural pós-elaboração do pediplano  $Pd_1$ , fato que, no entanto, somente pode ser esclarecido com estudos mais específicos e detalhados.

Na abordagem geomorfológica, foram considerados para a compartimentação da paisagem em unidades hipsométricas, anteriormente mencionadas, dados de estudos anteriores (BIGARELLA et. al., 1978 e 1979; PASSOS e COSTA, (1984) e realizada verificação *in loco* dos dados disponíveis nos levantamentos planialtimétricos. Dados que permitiram definir parâmetros altimétricos, de modo genérico expressos em classes hipsométricas, tanto para o Planalto de Curitiba como para a zona litorânea, identificadas *a priori* conforme as superfícies geomórficas correlativas, pois essas superfícies em face da ruptura significativa do gradiente, independentemente do registro da ocorrência de seus depósitos correlativos, são determinantes nas variações do biótopo em função das mudanças locais da morfodinâmica, decorrentes de alterações de condições hidrodinâmicas, favoráveis a condições de maior ou menor estabilidade e desenvolvimento dos solos. Tais classes apresentam as seguintes características:

**0 - 50 m a.n.m.:** Superfície dos Baixos terraços e rampas dissecados e planície sedimentar atual (com depósitos colúvio-aluvionares, sedimentos de natureza flúvio - marinha e secundariamente eólica).

**50 - 250 m a.n.m.:** Superfície do Pedimento dissecado  $P_1$ , tálus e terraços elevados (com depósitos colúvio - aluvionares e com menor expressão sedimentos de natureza fluvial de localização restrita aos plainos aluviais atuais e terraços).

**250 - 450/500 metros a.n.m.:** Superfície do Pedimento dissecado  $P_2$ , parcialmente recoberta por: tálus e terraços elevados (com depósitos colúvio - aluvionares e elúvios cobertos com solos pouco desenvolvidos, com menor expressão, sedimentos de natureza fluvial de localização restrita aos plainos aluviais atuais e terraços). Eventualmente ainda são encontrados junto a essas superfícies alguns afloramentos rochosos do embasamento e matacões expostos.

**450/500 - 800 m a.n.m.:** Superfície das escarpas intermediárias do Pediplano  $Pd_1$  muito dissecada e rebaixada, escarpas intermediárias geralmente frontais a remanescentes dissecados de borda do planalto e serras isoladas (Serra do Feiticeiro e Serra da Prata), com frequência apresenta afloramentos rochosos e a partir da porção superior cicatrizes de deslizamentos recentes de pequena extensão, sendo relativamente comum na porção inferior a concentração de matacões e tálus com depósitos colúvio - aluvionares.

**800 - 850 m a.n.m.:** Superfície do Pediplano  $Pd_1$  muito dissecada e rebaixada, presente acima do segmento inferior das escarpas elevadas das serras geralmente frontais a remanescentes

dissecados do pediplano. Ocorrem associadas escarpas intermediárias onde se localizam cicatrizes de deslizamentos recentes de pequena extensão com afloramentos rochosos. No planalto há predomínio do recobrimento com depósitos colúvio - aluvionares, relacionados às superfícies embutidas de níveis inferiores compreendendo desde os baixos níveis e terraços associados ao plano aluvial atual passando pelos níveis de pedimento ( $P_1$  e  $P_2$ ) até alcançar o pediplano  $Pd_1$ , este em geral muito dissecado em face da erosão remontante de rios da Bacia Atlântica ( rios: Marumbi, Ipiranga, do Pinto e Arraial, que adentraram a superfície do planalto, com praticamente a mesma competência de transporte responsável pela exumação de maciços na orla e na Serra do Mar). A sua principal superfície de nivelamento  $Pd_1$ , é possivelmente desprovida localmente de depósitos originais (até a presente data apenas descobertos na porção mais interna do planalto como espessas camadas de colúvio, donde se originam os solos mais antigos e desenvolvidos da região).

**850 - 900 metros a.n.m.:** Superfície do Pediplano  $Pd_1$  dissecado e ligeiramente rebaixado, presente acima das escarpas intermediárias nos maciços do eixo principal da Serra do Mar: (Serra da Graciosa, Serra da Farinha Seca, Serra do Marumbi, Serra das Canavieiras, Serra da Igreja) no planalto (Serra da Baitaca) e junto aos topos das serras rebaixadas (Serra do Feiticeiro Serra da Custódia, Serra da Janelinha, Serra do Engenho e pediplano inferior da Serra da Prata). Essas superfícies são geralmente frontais a remanescentes dissecados do pediplano  $Pd_2$  nas vertentes orientais dessas serras, onde ocorrem cicatrizes de deslizamentos recentes de pequena extensão e afloramentos rochosos. No planalto há predomínio do recobrimento com depósitos colúvio - aluvionares. Neste compartimento no planalto, devido à diferença original do nível de base ocorrem as superfícies embutidas dos níveis inferiores compreendendo desde os baixos níveis e terraços associados ao plano aluvial atual passando pelos níveis de pedimento ( $P_1$  e  $P_2$ ) até alcançar o pediplano  $Pd_1$ , superfície predominante neste compartimento ainda que em geral bastante dissecado, em face da erosão de cabeceiras de rios da Bacia Atlântica e do Alto Iguaçu.

**900- 1.000 m a.n.m.:** Superfície do Pediplano  $Pd_1$  dissecada, trata-se de unidade morfológicamente muito similar à anterior, exceto pelo fato de ser topograficamente mais próximo ao nível da superfície original; apresenta a superfície menos dissecada e conseqüentemente deve abrigar depósitos relativos aos últimos ciclos de pedimentação ligeiramente mais conservados favorecendo a um melhor desenvolvimento dos solos.

**1.000 - 1.200 m a.n.m.:** Superfície elevada do Pediplano Pd<sub>1</sub> e de remanescentes do Pediplano Pd<sub>2</sub> muito dissecada e rebaixada. Estão ainda inclusas neste compartimento as superfícies dos segmentos superiores de escarpas elevadas e vertentes muito inclinadas de cristas intermediárias isoladas (e.g. Serras das Canavieiras e da Prata) o Pediplano Pd<sub>1</sub>. Não difere da unidade anterior quanto ao grau de conservação, morfologicamente é diferenciada por apresentar-se ligeiramente côncava na faixa em que se aproxima dos maciços elevados onde alcança 1.100m a.n.m. junto aos segmentos convexos que abrigam as superfícies mais antigas e elevadas dos Pediplanos Pd<sub>3</sub> e Pd<sub>2</sub>, este último que, quando muito dissecado e rebaixado, é confundido com a superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub>, predominante neste compartimento. As superfícies mais elevadas têm as mesmas características da classe anterior, apenas são projetadas para um nível mais elevado dada a proximidade dos maciços elevados ou inselberges (áreas fonte remanescentes) sobre os quais possivelmente desenvolviam o seu segmento rochoso da superfície original, sendo a área onde os elúvios tornam-se com frequência material fonte para origem dos solos atuais.

A segunda superfície de pediplano Pd<sub>2</sub>, originária de época anterior à acomodação tectônica da área, é bem menos evidente em face das sucessivas fases de dissecção sofridas. Foi em sua maior parte totalmente removida ficando apenas alguns vestígios do aplainamento junto às serras, porém de difícil relacionamento com o nível altimétrico por não ser possível identificar o nível original, dada a ação tectônica sofrida.

**1.200 - 1.400 m a.n.m.:** Superfície do Pediplano Pd<sub>2</sub>, Pediplano Pd<sub>3</sub> dissecada e rebaixada, onde nas encostas escarpadas são comuns os afloramentos rochosos. Essa superfície é em geral, menos evidente em função das sucessivas fases de dissecção sofridas; foi em sua maior parte totalmente removida, restando apenas vestígios dos aplainamentos junto às serras onde a dissecção ainda não remodelou os topos, em particular da Serra do Marumbi. De difícil relacionamento com o nível altimétrico dada a ação tectônica sofrida, não é possível identificar seu nível original, uma vez que os blocos sofreram movimentações em duplo sentido ou seja, ascendente em uns e descendente em outros.

**> 1.400 metros a.n.m.:** Superfície do Pediplano Pd<sub>3</sub>, remanescentes residuais elevados do Pediplano Pd<sub>3</sub>, área onde em grande parte fazem-se presentes os afloramentos rochosos mesmo com declives pouco acentuados.

Cabe destacar que, para efeito de generalização, os diversos compartimentos embutidos, relacionados a subníveis do Pediplano Pd<sub>1</sub>, foram agrupados em uma única classe compreendendo os seus limites, ou seja, 800- 1.000 m a.n.m. Desse modo, para efeitos de análise e com o objetivo de evitar complicações com a interpretação dos produtos cartográficos gerados, a classe correlativa à superfície de aplainamento do Pediplano Pd<sub>1</sub>, passa doravante a ser compreendida pela classe 800- 1.000 m. a.n.m.

### 5.3.1 Sub-unidades dos Compartimentos Geomorfológicos:

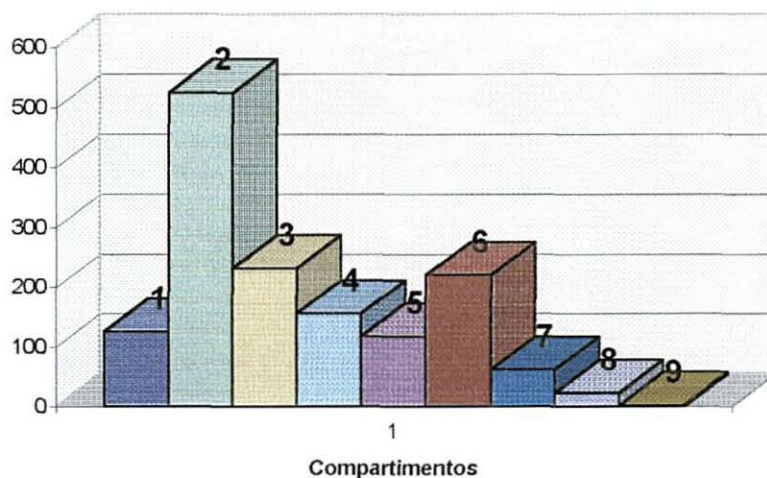
Os compartimentos anteriormente descritos, permitiram estabelecer uma subdivisão dos compartimentos anteriormente mencionados identificando os subcompartimentos, em função do grau de inclinação do terreno (Tabela 5.3), onde o comportamento hidrodinâmico diferenciado da superfície deve refletir em diversas variações nas características do biótopo, e.g. da menção feita por Klein in BIGARELLA, (1978), quanto à variação de nível freático e do teor de umidade no solo, além dos conhecidos efeitos da declividade na exposição e orientação das encostas, que criam ambientes mais ou menos favoráveis ao desenvolvimento dos solos e de microclimas particulares, e afetam sensivelmente a distribuição da vegetação.

**Tabela 5.3: Percentual relativo da declividade dos compartimentos:**

Em destaque “negrito” as duas primeiras classes de maior ocorrência em cada compartimento.

Compartimentos hipsométricos	Classes de declividade						Superfície
	0 - 6%	6 - 12%	12- 20%	20 -30%	30 - 45%	> 45%	
0 -50	<b>88.64</b>	2.82	3.08	2.87	1.75	0.84	<b>Planície Litorânea</b>
50 -250	7.94	9.25	20.49	<b>24.03</b>	<b>22.33</b>	15.96	<b>P<sub>1</sub></b>
250-500	1.52	3.59	14.36	24.73	<b>29.33</b>	<b>26.46</b>	<b>P<sub>1</sub></b>
500-800	2.31	1.90	5.85	13.56	<b>27.85</b>	<b>48.53</b>	<b>Escarpas Intermediárias</b>
800-1000	<b>26.30</b>	12.83	17.72	16.96	11.79	14.40	<b>Pd<sub>1</sub></b>
1000-1200	3.07	3.76	12.06	21.30	<b>25.19</b>	<b>34.61</b>	<b>Pd<sub>1</sub>/Pd<sub>2</sub></b>
1200-1400	2.04	2.90	10.07	18.39	<b>23.01</b>	<b>43.58</b>	<b>Pd<sub>2</sub>/ Pd<sub>3</sub></b>
>1400	3.85	0.72	5.10	11.71	<b>19.02</b>	<b>59.61</b>	<b>Pd<sub>3</sub></b>





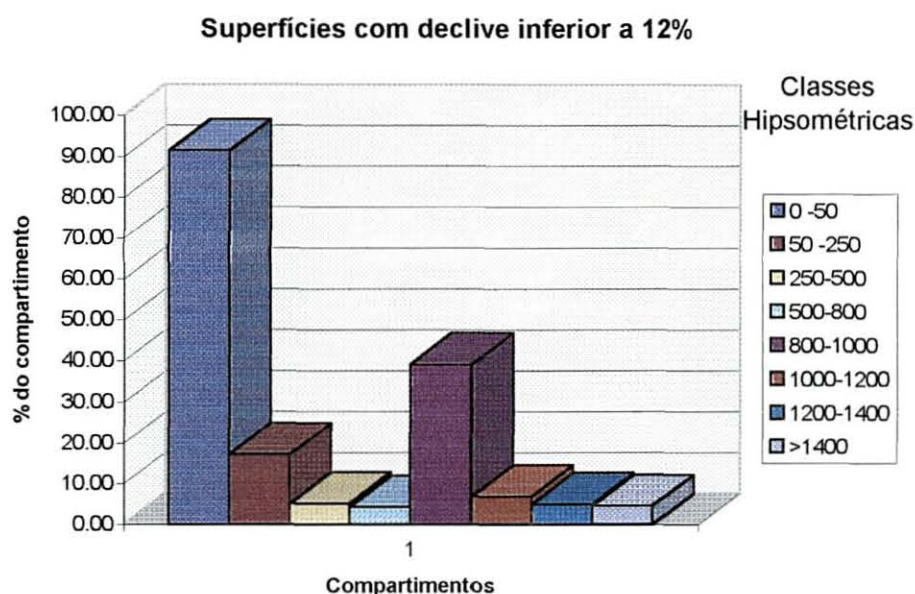
**Gráfico 5-4: Área ocupada pelos diferentes compartimentos:**

Sendo incluída a superfície da Baía de Paranaguá, onde da esquerda para a direita observam-se: 1- Baía de Paranaguá, (0 m. a.n.m.); 2- Superfície dos Baixos terraços e rampas dissecados e planície sedimentar natureza flúvio - marinha (0-50 m. a.n.m.); 3- Superfície do Pedimento dissecado  $P_1$ , tálus e terraços (50-250 m. a.n.m.); 4- Superfície do Pedimento dissecado  $P_2$ , (250-450/500 m.a.n.m.); 5- Superfície do Pedimento  $P_2$  e Pediplano  $Pd_1$  muito dissecado e rebaixado, escarpas intermediárias (450/500-800 m.a.n.m.); 6- Superfície do Pediplano  $Pd_1$  (800-1000 m.a.n.m.); 7- Superfície elevada do Pediplano  $Pd_1$  e de remanescentes do Pediplano  $Pd_2$  muito dissecado e rebaixado - (1000-1200 m.a.n.m); 8- Superfície do Pediplano  $Pd_2$ , e Pediplano  $Pd_3$  dissecado e rebaixado (1200-1400 metros a.n.m.); 9- Superfície de remanescentes residuais elevadas do Pediplano  $Pd_3$ , (> 1400 m.a.n.m.).

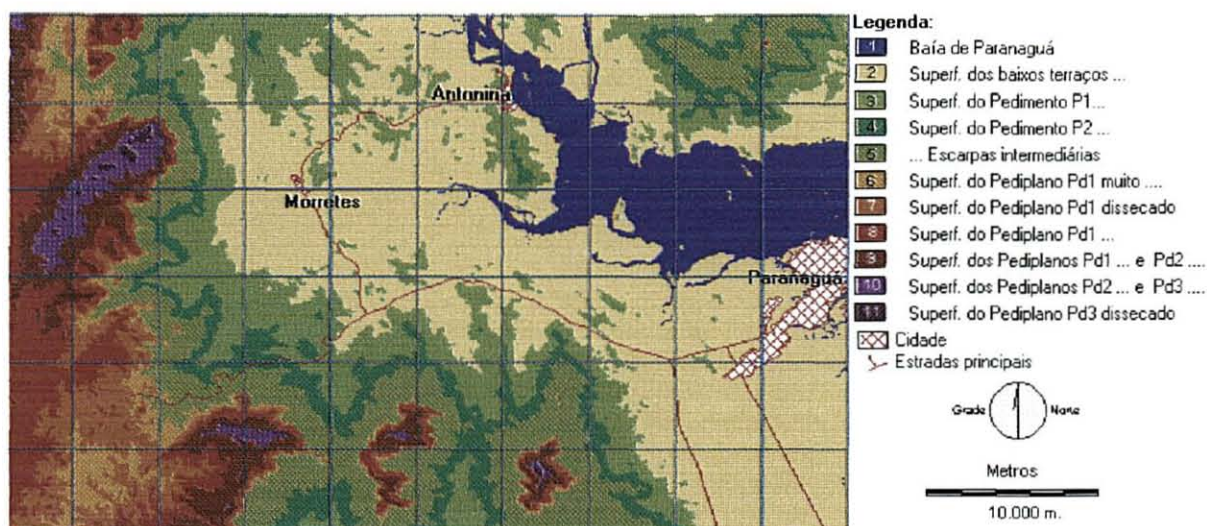
Essas sub-unidades, foram classificadas em função da declividade, a qual pode ser diretamente relacionada ao grau de dissecação e às superfícies pedimentares que originalmente deveriam apresentar gradientes muito suaves, provavelmente bem inferiores a 6%, pois nas condições atuais de dissecação linear a partir dos cursos fluviais, há tendência de mamelonização das encostas e interflúvios à medida que os cursos dissecam o relevo, em busca de um novo perfil de equilíbrio em função de mudanças nos níveis de base locais e ou regionais. Desse modo, foram estabelecidas as seguintes classes das subunidades:

- 1- Relevo plano a suavemente ondulado, declive de 0 a 6 %;
- 2- Relevo suavemente ondulado a moderadamente ondulado declive de 6 a 12 %;
- 3- Relevo moderadamente ondulado a ondulado, declive de 12 a 20 % ;
- 4- Relevo ondulado a forte ondulado, declive de 20 a 30 %;
- 5- Relevo forte ondulado a moderadamente escarpado, declive de 30 a 45 %;
- 6- Relevo moderadamente escarpado a muito escarpado, declive acima de 45 %;





**Gráfico 5-5: Percentual em área ocupada por feições aplainadas do relevo nos diferentes compartimentos hipsométricos:**



**Figura 5.7 Compartimentos Hipsométricos:**

Compartimentos relacionados as principais superfícies de aplainamento identificadas na área estudada, onde 1- Baía de Paranaguá, (0 m. a.n.m.); 2- Superfície dos Baixos terraços e rampas dissecados e planície sedimentar natureza flúvio - marinha (0-50 m. a.n.m.); 3- Superfície do Pedimento dissecado P<sub>1</sub>, tálus e terraços (50-250 m. a.n.m.); 4- Superfície do Pedimento dissecado P<sub>2</sub>, (250-450/500 m.a.n.m.); 5- Superfície do Pedimento P<sub>2</sub> e Pediplano Pd<sub>1</sub> muito dissecado e rebaixado, ou zona pedimentar elevada e de escarpas intermediárias (450/500-800 m.a.n.m.); 6- Superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub> Muito dissecado e rebaixado (800-850 m.a.n.m.); 7- Superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub> dissecado e ligeiramente rebaixado (850-900 m.a.n.m.); 8- Superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub> dissecado (900-1000 m.a.n.m.); 9- Superfície elevada do Pediplano Pd<sub>1</sub> e de remanescentes do Pediplano Pd<sub>2</sub> muito dissecado e rebaixado - (1000-1200 m.a.n.m.); 10- Superfície do Pediplano Pd<sub>2</sub>, e Pediplano Pd<sub>3</sub> dissecado e rebaixado (1200-1400 metros a.n.m.); 11- Superfície de remanescentes residuais elevadas do Pediplano Pd<sub>3</sub>, (> 1400 m.a.n.m.).

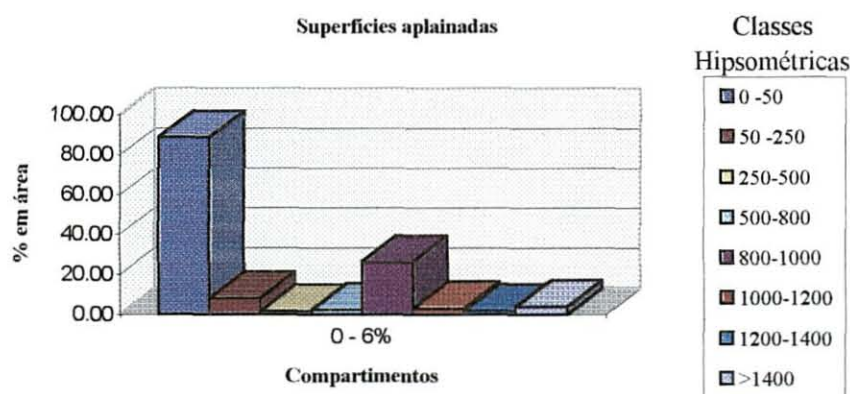
Como resultado da combinação dos compartimentos geomorfológicos com as classes de declividade listadas, foram discriminadas e mapeadas, 41 sub-unidades (Tabela 5.4); a representatividade de cada uma dessas sub-unidades de relevo junto a cada unidade geomorfológica são ilustradas nas próximas páginas nos gráficos de 5.6 a 5.15.

**Tabela 5.4: Área dos compartimentos e respectivos sub-compartimentos**

<b>Sub-unidade</b>	<b>Área em km<sup>2</sup></b>	<b>Subtotais</b>
<b>Baía de Paranaguá</b>	125.44	125.44
<b>1- Superfície de baixos níveis da planície sedimentar flúvio - marinha</b>		
1.1 Plano a suavemente ondulado	465.04	
1.2 Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	14.81	
1.3 Moderadamente ondulado a ondulado	16.17	
1.4 Ondulado a forte ondulado	15.07	
1.5 Forte ondulado a moderadamente escarpado	9.17	
1.6 Moderadamente escarpado a muito escarpado	4.38	524.64
<b>2- Superfície do Pedimento dissecado P<sub>1</sub>, tálus e terraços</b>		
2.1 Plano a suavemente ondulado	18.44	
2.2 Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	21.47	
2.3 Moderadamente ondulado a ondulado	47.56	
2.4 Ondulado a forte ondulado	55.76	
2.5 Forte ondulado a moderadamente escarpado	51.81	
2.6 Moderadamente escarpado a muito escarpado	37.04	232.08
<b>3- Superfície do Pedimento dissecado P<sub>2</sub></b>		
3.1 Plano a suavemente ondulado	2.37	
3.2 Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	5.61	
3.3 Moderadamente ondulado a ondulado	22.40	
3.4 Ondulado a forte ondulado	38.58	
3.5 Forte ondulado a moderadamente escarpado	45.74	
3.6 Moderadamente escarpado a muito escarpado	41.27	155.97
<b>4- Escarpas intermediárias</b>		
4.1 Plano a suavemente ondulado	2.71	
4.2 Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	2.23	
4.3 Moderadamente ondulado a ondulado	6.87	
4.4 Ondulado a forte ondulado	15.90	
4.5 Forte ondulado a moderadamente escarpado	32.68	
4.6 Moderadamente escarpado a muito escarpado	56.93	117.32
<b>5- Pediplano Pd<sub>1</sub> muito dissecado e rebaixado</b>		
5.1 Plano a suavemente ondulado	58.05	
5.2 Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	28.32	
5.3 Moderadamente ondulado a ondulado	39.12	
5.4 Ondulado a forte ondulado	37.44	
5.5 Forte ondulado a moderadamente escarpado	26.03	
5.6 Moderadamente escarpado a muito escarpado	31.80	220.76
<b>6- Pediplano Pd<sub>1</sub> elevado e Pediplano Pd<sub>2</sub> rebaixado</b>		
6.1 Plano a suavemente ondulado	1.90	
6.2 Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	2.33	
6.3 Moderadamente ondulado a ondulado	7.47	

6.4	Ondulado a forte ondulado	13.19	
6.5	Forte ondulado a moderadamente escarpado	15.59	
6.6	Moderadamente escarpado a muito escarpado	21.42	61.90
<b>7- Superfície do Pediplano Pd<sub>2</sub></b>			
7.1	Plano a suavemente ondulado	0.47	
7.2	Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	0.67	
7.3	Moderadamente ondulado a ondulado	2.32	
7.4	Ondulado a forte ondulado	4.23	
7.5	Forte ondulado a moderadamente escarpado	5.29	
7.6	Moderadamente escarpado a muito escarpado	10.03	23.01
<b>8- Superfície de remanescentes residuais do Pediplano Pd<sub>3</sub></b>			
8.1	Plano a suavemente ondulado	0.07	
8.2	Suavemente ondulado a moderadamente ondulado	0.01	
8.3	Moderadamente ondulado a ondulado	0.09	
8.4	Ondulado a forte ondulado	0.22	
8.5	Forte ondulado a moderadamente escarpado	0.35	
8.6	Moderadamente escarpado a muito escarpado	1.10	1.84
<b>ÁREA TOTAL</b>		<b>1462.95</b>	<b>1462.95</b>

A análise dos dados resultantes da tabulação cruzada dos compartimentos com as informações das classes de declividade, sintetizadas nos gráficos 5.6 e 5.7, permite observar que as unidade relacionadas à ocorrência de superfícies mais recentes abrigam maiores extensões relativas expressas em porcentagem de área ocupada por relevo com menor declividade. Ou seja apresentam as superfícies de aplainamento mais preservadas, fato verificado junto à planície costeira e nas superfícies embutidas mais recentes associadas ao compartimento do pediplano Pd<sub>1</sub> e pedimentos embutidos no planalto.

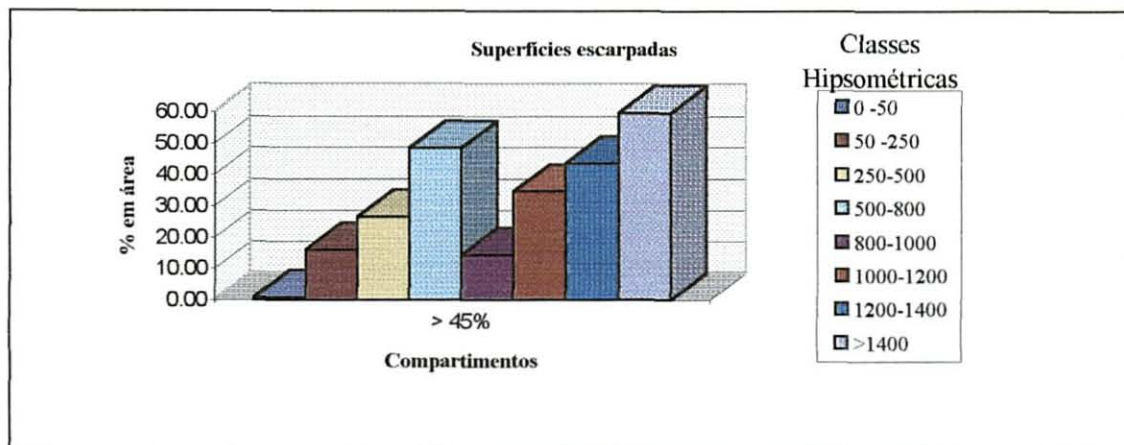


**Gráfico 5-6: Percentual relativo de superfícies suavemente inclinadas nas diferentes classes de relevo representativas das unidades geomorfológicas.**

De modo oposto, os gradientes de relevo com maior inclinação relacionam-se Às áreas de ocorrência de superfícies mais antigas, demonstram a maior dissecação dessas superfícies, onde o percentual relativo de relevo forte ondulado e escarpado alcança valores similares aos



da zona de escarpa localizada no compartimento Superfície do Pedimento  $P_2$  e Pediplano  $Pd_1$  muito dissecada e rebaixada ou da Zona Pedimentar Elevada e de Escarpas juntos à vertente oriental da Serra do Mar (gráfico 5.7).



**Gráfico 5-7: Percentual relativo de superfícies muito inclinadas a escarpadas:**

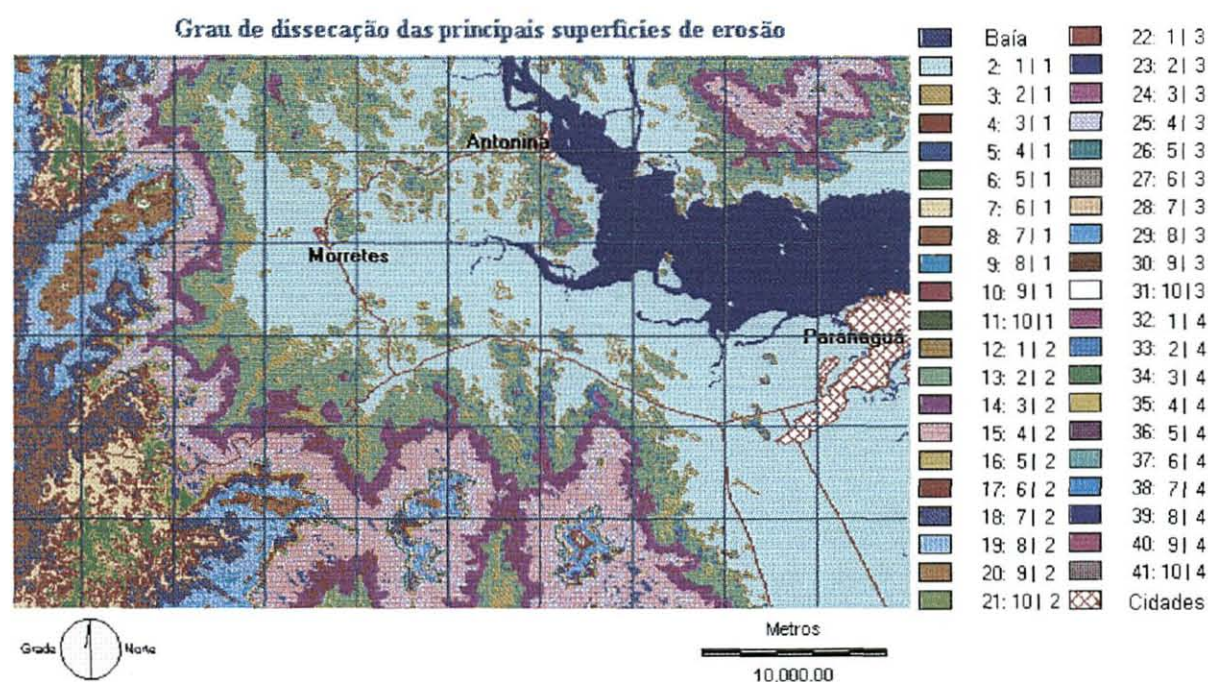
(>45% de declive) nas diferentes classes de relevo representativas das unidades geomorfológicas.

Nos dados apresentados no gráfico anterior (gráfico 5.7), ainda que em alguns compartimentos com menor expressão, observa-se a ocorrência de áreas sob forte ação morfodinâmica em todos os compartimentos, evidenciada por superfícies muito inclinadas, ou seja, acima de 45%. Na diferenciação dos fatores morfodinâmicos destacam-se o clima e a grande diferença entre o nível de base com 0 (zero metros) e as superfícies de cimeira com mais de 1.400 m a.n.m., que são favoráveis ao desenvolvimento de um elevado potencial erosivo dos rios, que ao longo do tempo vem entalhando a paisagem com profundos vales em “V”. Em parte possivelmente por tais motivos não é rara a observação de afloramentos rochosos em todos os compartimentos desde a baía de Paranaguá e planície, e.g., matacões no rio das Pedras até os topos mais elevados da Serra do Mar, muito embora, nas superfícies mais elevadas esses afloramentos relacionem-se a verdadeiros “inselberges” e escarpas estruturais elevadas, feições essas que ocorrem associadas aos Pediplanos  $Pd_2$  e  $Pd_3$  e que denotam um certo rejuvenescimento da paisagem dessa região do Estado do Paraná.

Nessas áreas pediplanadas, predominam os solos pouco desenvolvidos do tipo Cambissol e de solos Litólicos, cuja característica vem sendo mantida ao longo do período Quaternário por ação da morfogênese, que nas terras baixas igualmente mantém este aspecto. Tal fato deve-se ao constante aporte de sedimentos mobilizados das encostas e superfícies superiores, que em boa parte ainda foram retrabalhadas pelo mar em face das oscilações do

nível do mar na planície e baixos níveis, enquanto nas encostas decorre da dissecação, produzida pelas sucessivas alternâncias climáticas.

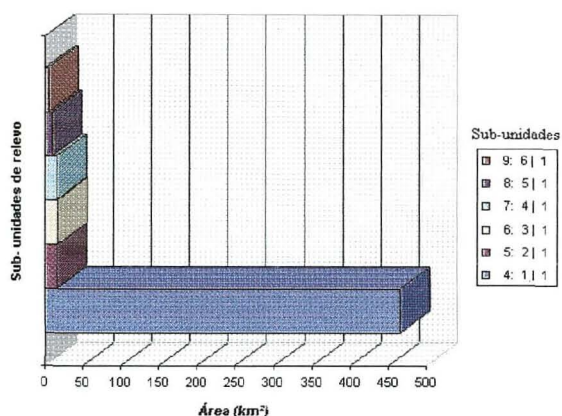
Portanto, devido à convergência de processos relacionados às variações climáticas, favoráveis aos ciclos de agradação e degradação da paisagem, tendem a agrupar subunidades de paisagem relacionadas a dois grupos de feições, um definindo as superfícies de aplainamento ou agradação e outro correlacionado a superfícies de dissecação ou degradação da paisagem.



**Figura 5-8: Sub-unidades das principais superfícies de aplainamento:**

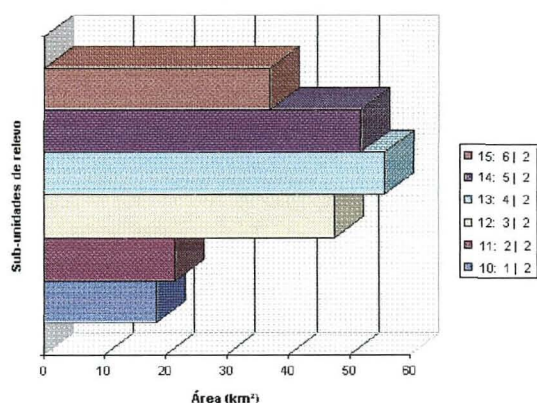
A composição da legenda foi derivada das categorias definidas para os compartimentos, sendo: **1-** Superfície dos Baixos níveis da planície ... (0-50 m. a.n.m.); **2-** Superfície do Pedimento P<sub>1</sub>... (50-250 m. a.n.m.); **3-** Superfície do Pedimento P<sub>2</sub>... (250-450/500 m.a.n.m.); **4-** Escarpas intermediárias (450/500-800 m.a.n.m.); **5-** Superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub> muito rebaixado... (800-850 m.a.n.m.); **6-** Superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub> ligeiramente rebaixado.... (850-900 m.a.n.m.); **7-** Superfície do Pediplano Pd<sub>1</sub>... (900-1000 m.a.n.m.); **8.)** Superfície elevada do Pediplano Pd<sub>1</sub> e do Pediplano Pd<sub>2</sub> rebaixado .... - (1000-1200 m.a.n.m.); **9-** Superfície do Pediplano Pd<sub>2</sub> e Pediplano Pd<sub>3</sub> rebaixado... (1200-1400 metros a.n.m.); **10-** Superfície elevadas do Pediplano Pd<sub>3</sub> ... (> 1400 m.a.n.m.), os quais são indicados no primeiro número da legenda o qual é separado por “ | ” (barra vertical) onde o segundo número indica a categoria do relevo sendo: **|1-** Pouco dissecado 0 a 12 %; **|2-** Dissecado 12 a 45%; **|3-** Muito dissecado a escarpado 45 a 90 %; **|4-** muito escarpado > 90%; e.g. Categoria 15: 4 | 2 = Superfície do Pedimento P<sub>1</sub>, muito dissecado.





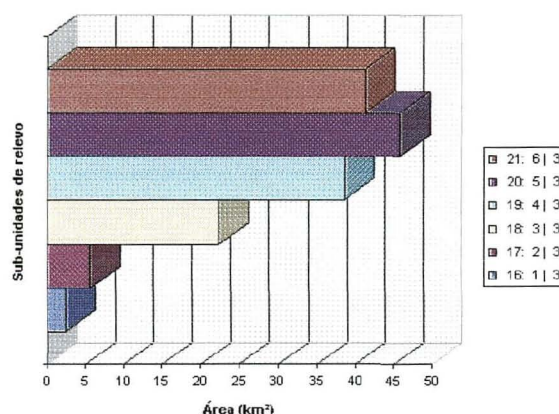
**Gráfico 5-8 - Superfície de baixos níveis da planície sedimentar flúvio - marinha:**

Sub-unidades de relevo da Zona Sedimentar Costeira onde: 1 | 1 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 1 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 1 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 1 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 1 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 1 = Moderadamente escarpado a muito escarpado.



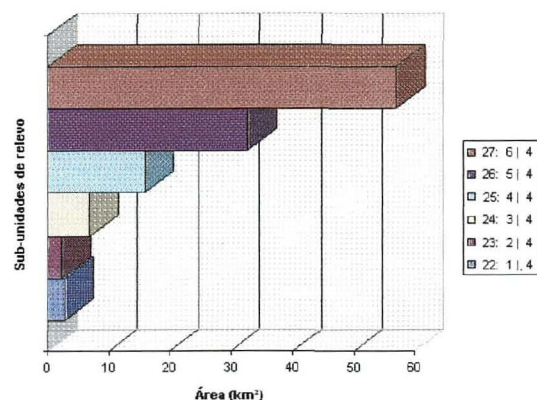
**Gráfico 5-9 Superfície do Pedimento dissecado P<sub>1</sub>, tálus e terraços:**

Sub-unidades de relevo da Zona de Pedimentar Inferior (Piemonte ou Soleira) e de Colinas Baixas, onde: 1 | 2 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 2 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 2 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 2 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 2 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 2 = Moderadamente escarpado a muito escarpado.



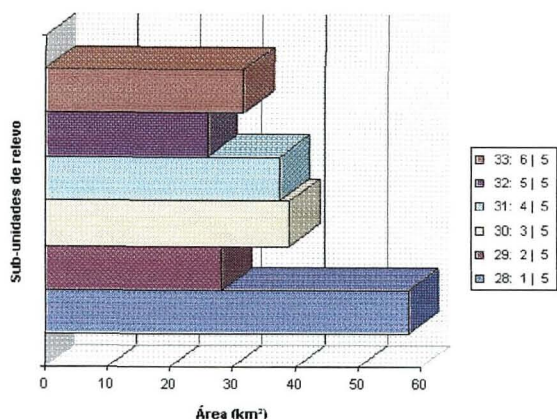
**Gráfico 5-10- Superfície do Pedimento dissecado P<sub>2</sub>:**

Sub-unidades de relevo da Zona de Pedimentar Inferior (Piemonte ou Soleira) e de Colinas Médias, onde: 1 | 3 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 3 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 3 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 3 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 3 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 3 = Moderadamente escarpado a muito escarpado.



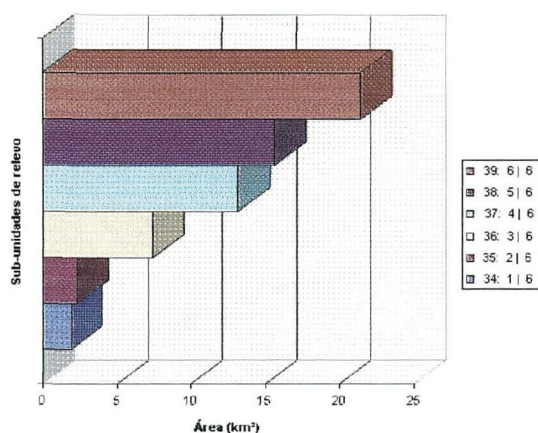
**Gráfico 5-11 Escarpas intermediárias:**

onde: 1 | 4 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 4 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 4 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 4 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 4 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 4 = Moderadamente escarpado a muito escarpado.



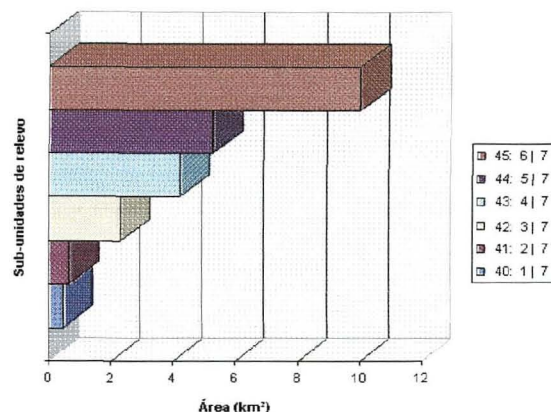
**Gráfico 5-12 Pediplano Pd<sub>1</sub> muito dissecado e rebaixado:**

1 | 5 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 5 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 5 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 5 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 5 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 5 = Moderadamente escarpado a muito escarpado.



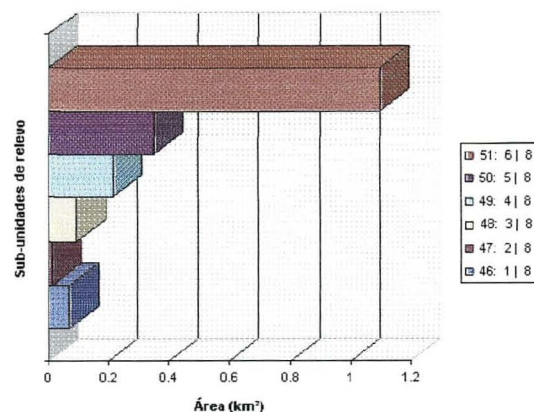
**Gráfico 5-13 Pediplano Pd<sub>1</sub> elevado e Pediplano Pd<sub>2</sub> rebaixado.**

Onde: 1 | 6 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 6 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 6 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 6 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 6 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 6 = Moderadamente escarpado a muito escarpado.



**Gráfico 5-14- Superfície do Pediplano Pd<sub>2</sub>.**

Onde: 1 | 7 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 7 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 7 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 6 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 7 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 7 = Moderadamente escarpado a muito escarpado



**Gráfico 5-15- Superfície de remanescentes residuais do Pediplano Pd<sub>3</sub>.**

Onde: 1 | 8 = Plano a suavemente ondulado; 2 | 8 = Suavemente ondulado a moderadamente ondulado; 3 | 8 = Moderadamente ondulado a ondulado; 4 | 8 = Ondulado a forte ondulado; 5 | 8 = Forte ondulado a moderadamente escarpado e 6 | 8 = Moderadamente escarpado a muito escarpado

A análise dos gráficos anteriores (Gráficos 5.8 a 5.15) permite constatar que são significativas as diferenças morfológicas apresentadas entre os compartimentos quanto à

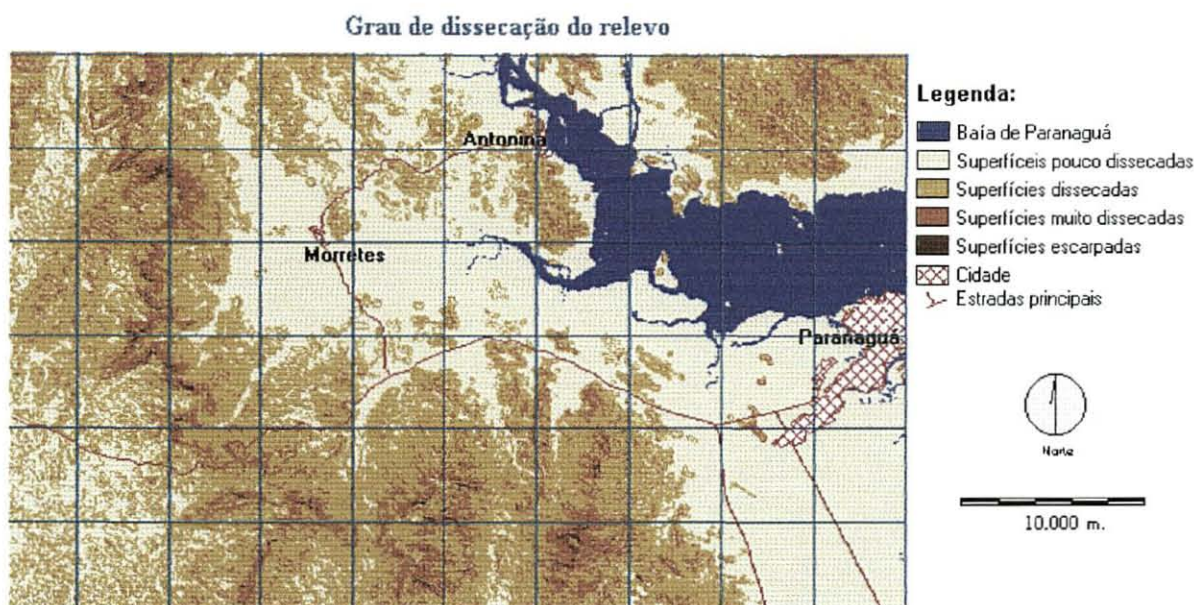


conservação das superfícies aplainadas, diferindo da relativa homogeneidade fisionômica observada na vegetação.

Dada a escala do estudo, a análise do grau de dissecação da paisagem permite que seja generalizada a uma classificação simplificada; sendo assim, os dados da declividade foram reclassificados quanto ao grau de dissecação da paisagem em quatro categorias definidas com base na análise de documentos cartográficos e de seções, traçadas em modelo de elevação do terreno (vide o subtítulo: Perfis topográficos), observação em campo da existência de feições remanescentes e que relacionadas à declividade do terreno sugerem a seguinte classificação: Superfícies Pouco Dissecadas, áreas em que é fácil a identificação das superfícies de aplainamento, cuja declividade oscila de 0% a 12%; Superfícies Dissecadas onde sua delimitação é mais difícil devido à menor conservação das feições das referidas superfícies de aplainamento, cuja declividade oscila de 12% a 45%; Superfícies Muito Dissecadas, onde a identificação é extremamente difícil por serem muito raros os vestígios das superfícies de aplainamento, cuja declividade oscila de 45% a 90%; Superfícies Escarpadas, tratam-se de áreas escarpadas propriamente ditas onde apenas afloram as feições estruturais e é praticamente improvável a existência de vestígios das superfícies nessas áreas.

A relativa complexidade da paisagem verificou-se na análise das classes de dissecação. Essa divisão da paisagem quanto ao grau de dissecação ou de conservação das superfícies aplainadas (Figura 5.8) em seus largos traços, coincide com os conjuntos definidos como grandes regiões naturais por MACK(1968), ou seja, Litoral onde predominam as superfícies de agradação e superfícies pouco dissecadas, distribuídas ao longo das planícies que margeiam a Baía e se estendem até o piemonte.

O setor que se aproxima da borda do planalto, em grande parte, é interposto pela Serra do Mar, cujo conjunto principal é nitidamente delimitado por uma faixa de encostas constituídas por superfícies muito dissecadas e escarpadas, situação essa similar à encontrada junto aos maciços mais elevados na ramificação das Serras: das Canavieiras, da Igreja e da Prata. Nos maciços denominados de Serras, observa-se um mosaico composto por superfícies pouco dissecadas e muito dissecadas, além de pequenas áreas escarpadas (Figura 5.9).



**Figura 5-9: Grau de dissecação da superfície:**

Finalmente, adentrando-se na porção oriental do planalto verifica-se uma combinação de terras com superfícies pouco dissecadas e dissecadas, onde a intensidade relativa da dissecação da paisagem é significativamente menor, por pertencer a um sistema de drenagem cujo nível de base fica muito próximo ao nível médio das superfícies de aplainamento (amplitude em geral inferior a 100 m, enquanto a drenagem da vertente atlântica na serra muitas vezes fica bem acima de 500m alcançando amplitudes de até mais de 1.000 m), o que favorece grandemente a dissecação dessa região.

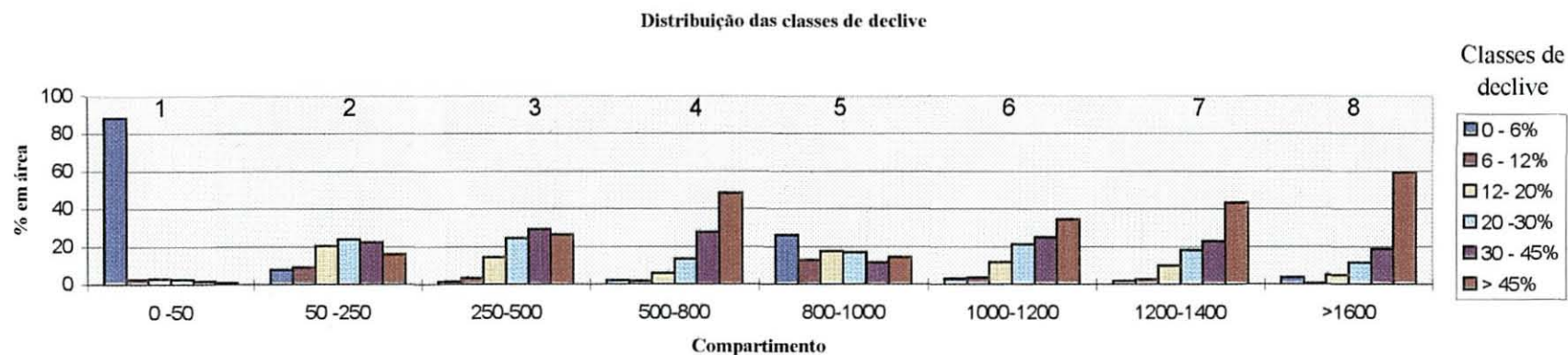
As superfícies escalonadas identificadas na área como superfícies de erosão e/ou sedimentação, mesmo que de certo modo possam ser consideradas de idade e origem controvertidas, caracterizam profundas mudanças ambientais ao longo do tempo geológico; ambientes que por fatores diversos mantiveram aspectos e características de certo modo, ainda que de forma pontual, preservados ao longo desse tempo e que certamente foram determinantes na preservação de espécies ou mesmo formações vegetais passadas relacionadas a condições bioclimáticas ainda que parcialmente diversas das atuais e que inequivocamente atestam flutuações climáticas.

Dentre as evidências de mudanças significativas nas características ambientais, provocadas principalmente por alterações do relevo, clima local e da hidrodinâmica, no litoral paranaense e na Serra do Mar, bem como no Planalto de Curitiba, sem dúvida merecem

destaque as feições morfológicas relacionadas à alternância climática a que esta região esteve sujeita.

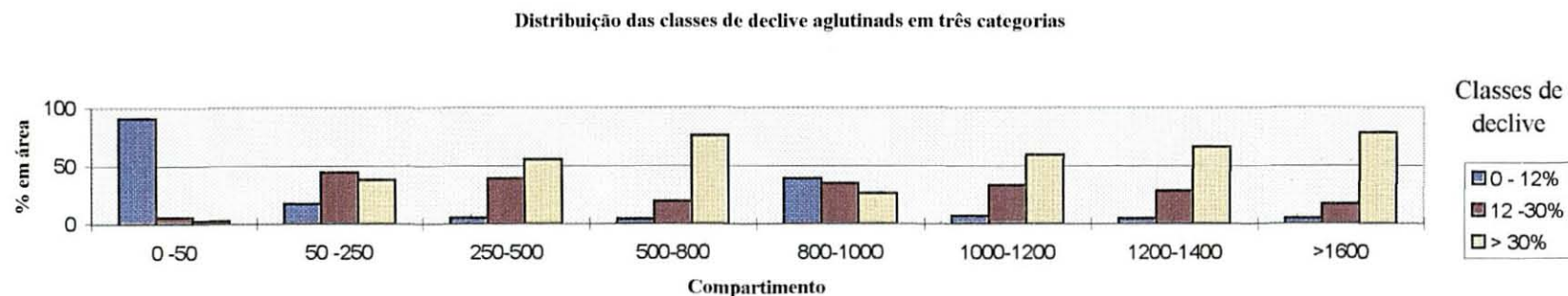
Embora alterações de ordem tectônica e epirogenética, juntamente com as mudanças do nível médio do mar ao longo do tempo geológico, tenham interagido na definição dos ambientes atuais encontrados na Serra do Mar e no Litoral, cuja diversidade decorre em grande parte de superfícies geomorfológicas remanescentes, estas parecem ser destacadas em seu reafeiçoamento pelos processos decorrentes das mudanças climáticas, especialmente as relacionadas ao Quaternário.

Nessas superfícies há preservação de feições de ambientes relictuais passados notadamente a partir do Plio-pleistoceno, quando as linhas estruturais da paisagem encontravam-se bastante similares às atuais, principalmente no que se refere ao reafeiçoamento da paisagem pelos subseqüentes ciclos agradacionais e degradacionais relacionados a períodos com fases pluviais e displuviais vigentes no hemisfério sul em períodos concomitantes às glaciações e interglaciações vigentes no hemisfério norte. A estes relacionam-se paleossolos que, por vezes, abrigam formações azonais relictas ,e. g., campos em pleno domínio da Floresta Ombrófila, cujas formações adaptadas a condições ambientais diversas às atuais,



**Gráfico 5-16: Distribuição das classes de declive nos compartimentos:**

1- Superfície dos Baixos terraços e rampas dissecados e planície sedimentar natureza flúvio - marinha (0-50 m. a.n.m.); 2- Superfície do Pedimento dissecado  $P_1$ , tálus e terraços (50-250 m. a.n.m.); 3- Superfície do Pedimento dissecado  $P_2$ , (250-450/500 m.a.n.m.); 4- Superfície do Pedimento  $P_2$  e Pediplano  $Pd_1$  muito dissecado e rebaixado, escarpas intermediárias (450/500-800 m.a.n.m.); 5- Superfície do Pediplano  $Pd_1$  (800-1.000 m.a.n.m.); 6- Superfície elevada do Pediplano  $Pd_1$  e de remanescentes do Pediplano  $Pd_2$  muito dissecado e rebaixado - (1.000-1.200 m.a.n.m.); 7- Superfície do Pediplano  $Pd_2$ , e Pediplano  $Pd_3$  dissecado e rebaixado (1200-1400 metros a.n.m.); 8- Superfície de remanescentes residuais elevadas do Pediplano  $Pd_3$ , (> 1.400 m.a.n.m.).



**Gráfico 5-17: Síntese das classes de declive nos compartimentos:**

mantém-se preservadas pela combinação de condicionantes geomorfológicos locais. Conservam fatores edáficos e microclimáticos favoráveis à manutenção destes enclaves de natureza fitogeomorfológica que podem ter extensão bastante limitada, como a observada nos campos de altitude, ou pouco mais expressivas como originalmente eram as áreas de campos com capões de araucária no Primeiro Planalto Paranaense.

Nas fases pluviais e displuviais em que simultaneamente ocorreram as últimas transgressões marinhas, originou-se a maior parte das formações superficiais, nas quais se desenvolveram os solos atuais e ambientes em que se definiram novos genótipos dos ecossistemas atuais e presumivelmente acentuou-se o desenvolvimento do endemismo caracterizado nos atuais refúgios ecológicos.

Tais características biogeográficas desenvolveram-se em superfícies geomorfológicas nas quais o balanço entre os processos de morfogênese e pedogênese permitiram a preservação de ambientes relictuais, fatos que certamente favoreceram a formação na região de uma das mais ricas biodiversidades conhecidas no globo terrestre e a particular configuração da baías, planalto e Serra do Mar, com seus ambientes específicos associados, dentre os quais destaca-se a formação dos manguezais, das restingas, da mata ciliar, dos campos edáficos e de altitude.

Dentre as feições remanescentes que atestam as notáveis mudanças ambientais decorrentes das alternâncias climáticas vigentes ao longo do quaternário, destacam-se as planícies sedimentares, os terraços, as rampas e os patamares escalonados nas encostas em forma de ombreira, os grotões (alvéolos erosivos) e as profundas incisões lineares esculpidas pelos cursos fluviais, aos quais sob a vigência das atuais condições climáticas podem ser atribuídos graus de maior ou menor estabilidade em função de suas características e propriedades geotécnicas.

Em vertentes com declives mais acentuadas, a vegetação exerce um importante papel controlador do escoamento superficial e a infiltração das águas no manto de intemperismo, dada sua grande capacidade de absorção à floresta e o manto detritico produzido por esta, garantindo maior estabilidade às encostas, ainda que as mesmas se desenvolvam em um ambiente de instabilidade natural. Portanto, nesta condição de estabilidade precária, a remoção, da vegetação é um forte condicionante de risco para a ocorrência de deslizamentos. Tais condições são encontradas com relativa frequência em segmentos entre as altas encostas e interflúvios dissecados, junto a seções côncavas-retilíneas das vertentes da Serra do Mar, ou



ainda junto aos vales fechados em formato de “V” e em antigos anfiteatros erosivos onde as vertentes adquirem formato côncavo constituindo os “grotões”.

Os ambientes de maior estabilidade natural são encontrados em vertentes com menor inclinação e interflúvios amplos aplainados, remanescentes de antigas superfícies de pedimentação relativamente preservados, particularmente assinalados na paisagem em feições de ombreiras (patamares residuais de antigos pedimentos), terraços e rampas suavemente inclinado. O rompimento do ângulo de repouso pode ser ocasionado pela ação antrópica (obras de engenharia ou uso inadequado do solo nas práticas agrícolas ou silviculturais), situações encontradas com certa frequência nas porções inferiores ou no piemonte da Serra do Mar, onde pode se instalar a desestabilização das encostas superiores desencadeada pelo solapamento das bases por processos de solifluxão e erosão mais lentos, gerados pelo uso inadequado dessas áreas.

Os processos de movimentos de massa, forma bastante localizada, dentre os quais inúmeros aparentam ser decorrentes de processos geológicos e geomorfológicos naturais, são significativamente incrementados com a intervenção antrópica. Tais desequilíbrios se manifestam particularmente pela ação do desmatamento em áreas montanhosas mesmo que seja bastante localizada, embora ainda não existam parâmetros precisos de qual seja o seu grau de interferência na ordem natural dos fenômenos, o que demonstra a importância de outros estudos geomorfológicos e fitogeográficos. Cabe informar que o ritmo de ocupação atual da planície e a de expansão de ocupação agrícola já atingem áreas significativas de piemonte, desde a base de depósitos de talus ou rampas colúvio aluvionares até meia altura dos segmentos inferiores das encostas, certamente comprometendo a estabilidade morfodinâmica e favorecendo os movimentos de massa. Diante disso, se ocorrer de precipitação elevada por período prolongado, podem ser desencadeados processos de dimensões catastróficas, colocando em risco a cidade de Morretes e especialmente os ocupantes das áreas rurais que têm suas habitações a jusante dos vales por onde adentra tal ocupação imprópria da terra, fato que em particular pode ser constatado ao longo dos vales do rio do Pinto e Marumbi e respectivos afluentes, bem como junto às encostas da Serra da Prata.

As flutuações climáticas, portanto, pelos aspectos hidrodinâmicos envolvidos tiveram consequências sobre os processos de reafeiçoamento estrutural da paisagem local e regional implicando maior incisão ou degradação lateral do relevo. Pelos múltiplos fatores ambientais

envolvidos de forma direta ou indireta, esses fenômenos propiciaram e mantêm até os dias atuais uma evolução mais ou menos diferenciada das próprias biocenoses locais e regionais em função das propriedades geomorfológicas dos sítios preexistentes e de sua estabilidade morfodinâmica. Isto torna a sua identificação importante, quando não fundamental no estudo e especialmente no mapeamento fitogeográfico de formações tão diversas com aspectos fisionômicos muito similares, como parte das abordadas no presente estudo.

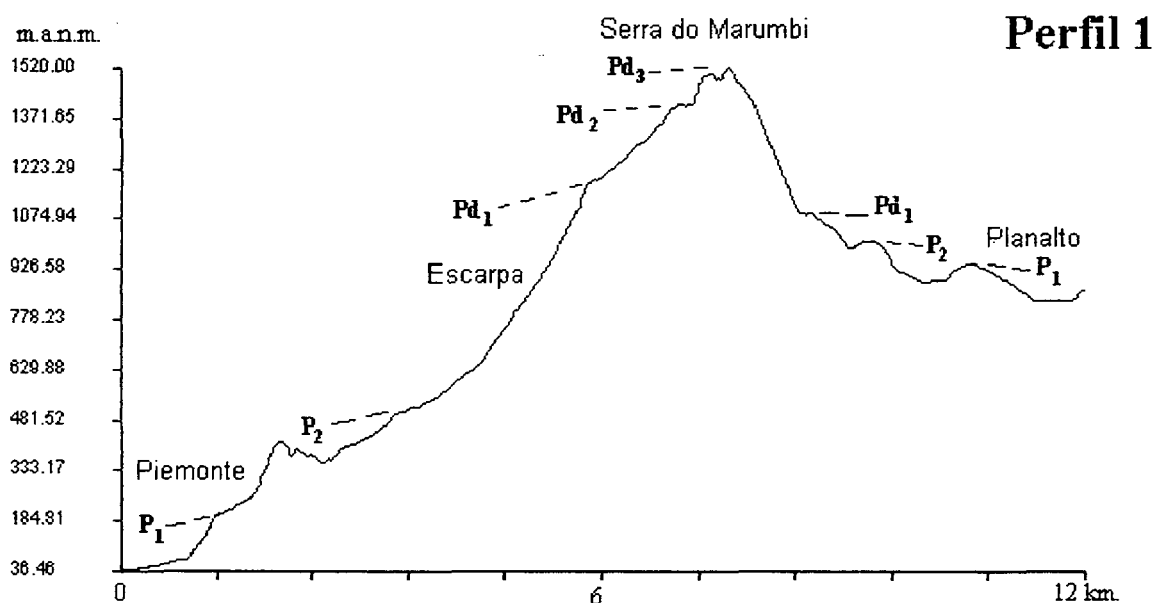
### 5.3.2 Feições Geomorfológicas - Perfis Topográficos:

A sequência de perfis a seguir apresentada ilustra graficamente a configuração do relevo assinalando as principais feições geomorfológicas de expressão local e regional, com exagero na escala vertical aproximado entre 5 a 10 vezes, em relação à escala horizontal. Os perfis foram gerados no Sistema de Informação Geográfica do software IDRISIW, a partir de do Modelo de Elevação do Terreno gerado no IDRISI, (EASTMAN, 1997, com valores contínuos em formato raster, com 15 metros de resolução espacial, foi considerado pelos resultados obtidos com precisão cartográfica e qualitativamente satisfatórios para identificação das superfícies pediplanadas e pedimentares. Pois estas superfícies apresentam amplitude topográfica relativa acima do intervalo de vinte metros dos dados originais.

A análise do relevo local demonstra de forma sutil, nas diversas seções analisadas e.g. perfis (5.1; 5.2; 5.3; 5.4 e 5.5), que os blocos estruturalmente moldados pela tectônica rígida e epirogênese, na porção mais oriental do Planalto de Curitiba, que compõem um conjunto de blocos montanhosos, escarpados e de restos do planalto bastante dissecados por vales profundos, apresentam a partir do relevo mais elevado uma sequência de rupturas de declive relacionadas a superfícies mais ou menos aplainadas decorrentes de processos de pediplanação e pedimentação. Tais feições morfológicas foram acentuadas, reafeiçoadas e por vezes mascaradas pelos processos erosivos que dissecaram esses relevos aplainados. Esses processos geomorfológicos são efetivamente os principais responsáveis pelo desenvolvimento das vertentes côncavas-convexas (relevo mamelonizado) e dos verdadeiros anfiteatros (grotões), que, juntamente com os diversos níveis de aplainamento, são os principais elementos da paisagem; não deixam dúvidas sobre a origem poligenética e policíclica a que área esteve sujeita ao longo do tempo geológico, e caracterizam a alta complexidade morfológica desse conjunto, já atribuída à região por AB'SABER e BIGARELLA (1961).



Após a frente escarpada principal da serra do Mar, existe um relevo de esporões, blocos elevados a diferentes alturas identificados na Serra do Marumbi 1.521m, Serra das Canaveiras com 1.371m, Serra da Baitaca 1.366m de altitude e depressões intermontanas na área em questão localizadas nos vales dos rios homônimos Ipiranga com altitudes médias em torno de 900 m, (vide Perfis: 5.2 e 5.4 que ilustram as páginas a seguir). Blocos e patamares que AB'SABER e BIGARELLA (1961) relacionaram a dois grupos: uns são tectônicos, outros são resultado da erosão diferencial e da expansão da pedimentação intermontana durante fases secas do Quaternário. Alguns destes blocos são restos deslocados e abaulados da superfície do Alto Iguaçu Pd<sub>2</sub>; outros são altos blocos, igualmente deslocados, pertencentes à superfície mais alta e antiga a superfície de cimeira Pd<sub>3</sub>, Superfície do Purunã.



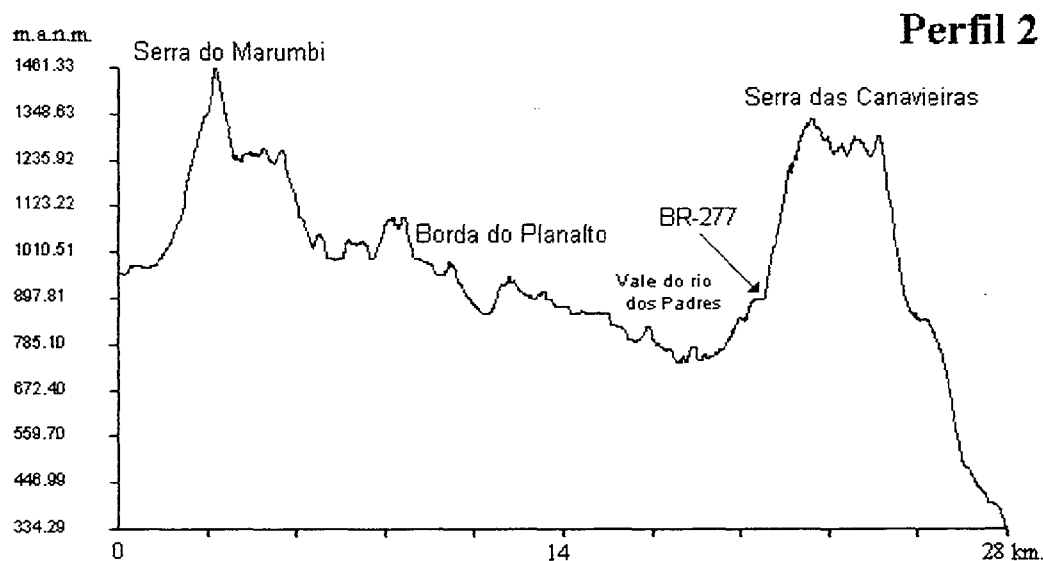
**Perfil 5.1 - Perfil transversal a Serra do Marumbi:**

Seção transversal, sentido leste noroeste onde se destacam as principais superfícies pedimentares e remanescentes de pediplanos das vertentes orientais e ocidentais da Serra do Mar.

Associados aos referidos blocos e grandes superfícies de aplainamento, ocorrem ainda os níveis de pedimentos embutidos em largos alvéolos. Esses pedimentos são preservados em feições irregulares, dissecadas, constituindo terraços, ombreiras e patamares inferiores em parte recobertos por sedimentos de origem colúvio-aluvial, materiais estes que se espalham ao longo do piemonte e adentram a planície costeira em forma de cones de dejeção coalescentes em parte dissecados e preenchidos pelos aluviões atuais. Fato igualmente observado na área de ocorrência dos sedimentos de origem marinha, evidenciando influências de relevos climáticos

de passado recente na paisagem atual, conforme os estudos de AB'SABER e BIGARELLA (1961).

As feições morfológicas complexas mencionadas são identificadas nas encostas das principais serras e elevações isoladas junto à baía de Paranaguá, e.g., Serra da Prata, e nos alinhamentos em paredões semi-esfoliados na frente superior das escarpas encontrados no conjunto da serra marginal em seu principal maciço, a Serra do Mar. Constituem os elevados maciços residuais de borda do planalto, ladeados por serras escarpadas rebaixadas com maior continuidade no sentido norte sul, assimétricas e festonadas, correspondentes ao recuo recente dos blocos falhados e falhas terciárias, segundo MAACK, 1968.



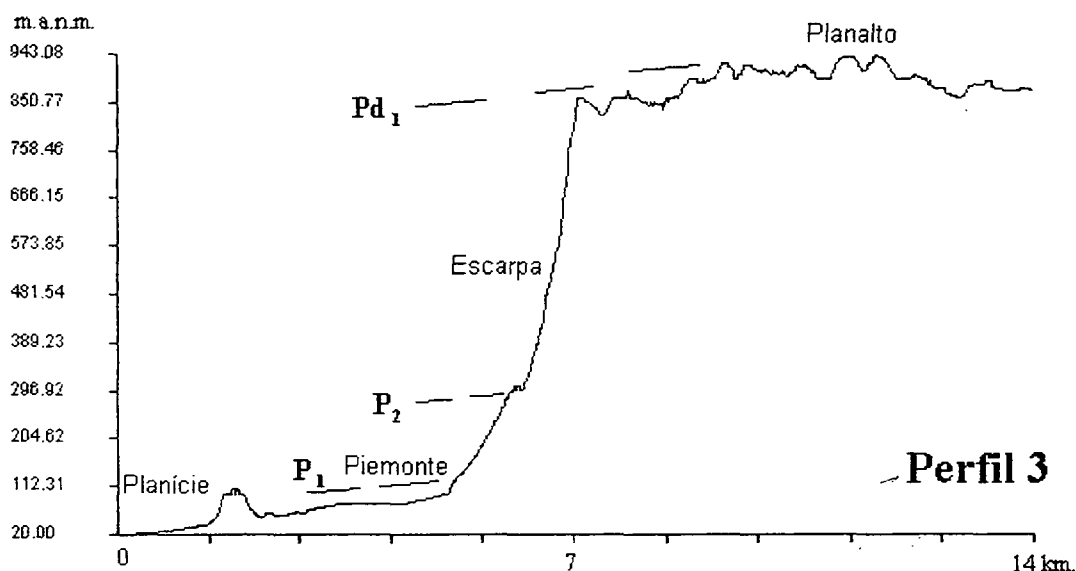
**Perfil 5-2 - Seção intermontana Serra do Marumbi - Serra das Canavieiras, transversal ao vale do Rio dos Padres:**

Seção transversal ao perfil 1, onde se observa o planalto em sua borda oriental intercalando as cristas dos blocos elevados que constituem o conjunto da Serra do Mar, ambos bastante dissecados pelos vales da Bacia Atlântica.

As seções topográficas derivadas de modelo digital de elevação do terreno - MDT da área e verificações em campo permitiram identificar, com relativa segurança, as três superfícies de pediplanação -  $Pd_3$ ,  $Pd_2$  e  $Pd_1$ , e em outros níveis de degradação interplanálticos embutidos e de piemonte, os pedimentos designados de  $P_2$  e  $P_1$ , (vide Perfil 5.1). Foram observados ainda baixos níveis de terraços, superfícies intermediárias identificadas como subníveis subordinados ainda não bem definidos e deposições em talus, que confirmam observações e levantamentos anteriores (BIGARELLA e AB'SABER, 1964; BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, 1965 e BIGARELLA et al. 1978-1979).

As feições relacionadas a superfícies com menor amplitude embora genericamente, possam ser individualizadas no resultado do cruzamento das informações hipsométricas com as de declividades, apresentaram algumas imperfeições amenizadas com uso de filtro de média, particularmente freqüentes no que se refere às planícies, baixas rampas e aos terraços, sem embora comprometer a análise das unidades em seu conjunto, porém impossibilitando a representação cartográfica correta de algumas feições envolvidas, que, por apresentarem amplitudes inferiores a 20 m, exigiriam uma base cartográfica em escala maior com equidistância menor das curvas de nível.

As altas paredes dos anfiteatros referidos anteriormente, assim como as escarpas recuadas das bordas do planalto, confirmam o que AB'SABER e BIGARELLA (1961) definiram como sinais iniludíveis de vertentes côncavas elevadas, com 400 a 600 m de desníveis diretos localmente verificados nos anfiteatros que compõem as cabeceiras das bacias dos rios Marumbi e Pinto (vide Perfil 5.3).

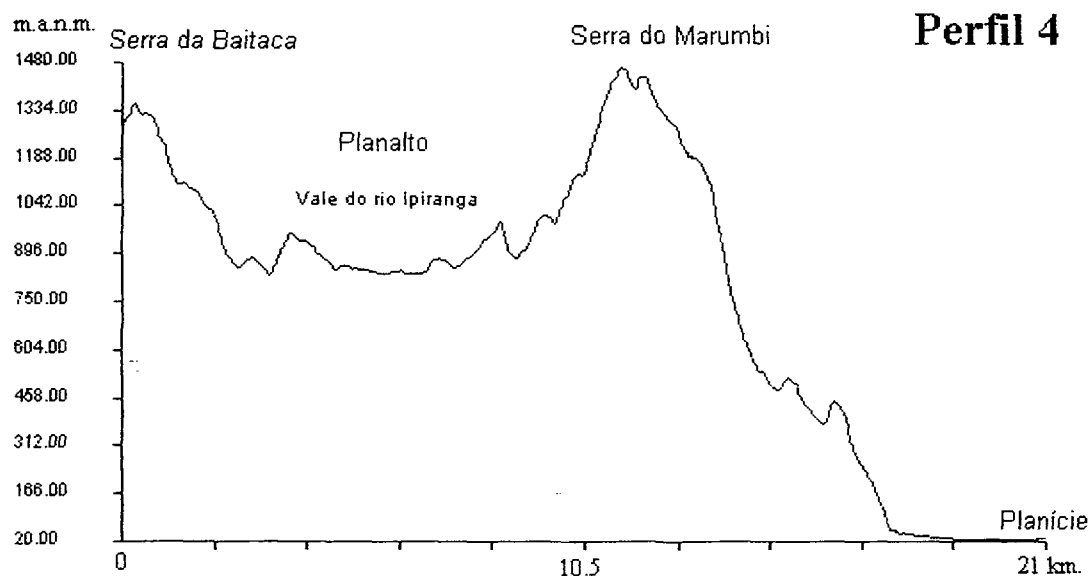


**Perfil 5-3 Detalhe da escarpa intermediária:**

Compreende o degrau escarpado observado no setor central da área pesquisada onde há ausência dos blocos elevados acima do nível geral do Planalto definido pela superfície Pd<sub>1</sub>, trata-se de seção típica de área no interior do grande anfiteatro moldado pelas bacias dos rios Marumbi, e do Pinto, compreende um setor muito dissecado onde mesmo assim encontram-se vestígios dos pedimentos P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>.

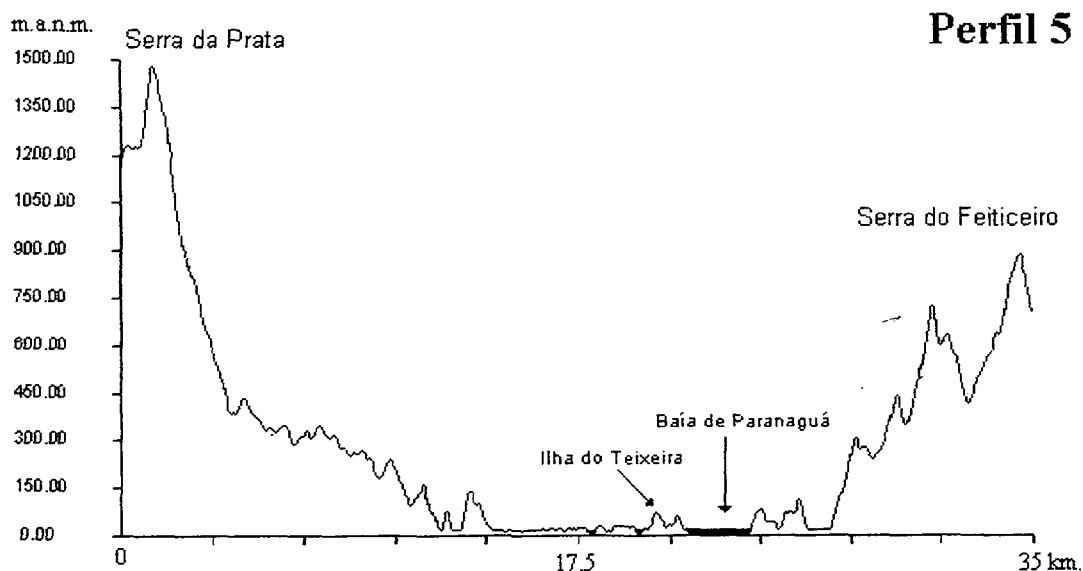
A análise e delimitação da distribuição das unidades geomorfológicas, no que se refere às superfícies geomórficas anteriormente descritas e identificadas como níveis de erosão e ou sedimentação ( baixos níveis das planícies sedimentares subatuais e atuais; pedimentos P<sub>2</sub> e P<sub>1</sub>; e pediplanos Pd<sub>1</sub>, Pd<sub>2</sub> e Pd<sub>3</sub>), quanto à sua posição topográfica no aspecto altimétrico, são de fundamental importância no estudo ora proposto, em particular na compartimentação da

paisagem, pois apresentam de modo análogo ao zoneamento vertical da vegetação uma disposição similar e relativamente bem definida em classes hipsométricas condicionadas à compartimentação regional.



**Perfil 5-4 Seção intermontana Serra da Baitaca - Serra do Marumbi:**

Depressão intermontana na área centralizada no vale do alto curso do rio Ipiranga com altitudes médias em torno de 900 metros, apresentando desnível superior a 400 metros em relação aos blocos elevados das referidas serras.



**Perfil 5.5 - Corte transversal a baía de Paranaguá:**

Nessa seção são ilustrados os blocos elevados, remanescentes dos esporões de cristas afastadas do maciço principal da Serra do Mar, localizados em plena região da planície e muito próximos a orla marítima ou mesmo em contato com as águas da baía como se verifica no setor mais rebaixado da Serra do Feiticeiro situado a noroeste da Cidade de Paranaguá.

#### 5.4 UNIDADES FITOGEOMORFOLÓGICAS

A classificação fitogeomorfológica da área explorou a possibilidade de o uso de elementos morfológicos e fitogeográficos auxiliarem no mapeamento das superfícies geomórficas de aplainamento identificadas como níveis de erosão e ou sedimentação, tendo como parâmetros: aspectos qualitativos de morfogênese e quantitativos nas classes hipsométricas e de declividade para o mapeamento de unidades da paisagem definidas como unidades fitogeomorfológicas.

A adaptação da classificação sugerida originalmente por HOWARD e MITCHEL(1980) permitiu relacionar como sistemas da terra os grandes domínios morfoclimáticos identificados por AB'SABER (1970 e 1977). Como grandes divisões da paisagem a nível continental e do território brasileiro, são registrados dois grandes domínios na área pesquisada, o Domínio Tropical Atlântico e o Domínio Subtropical dos Planaltos com Araucária e sob a classificação de grandes regiões naturais do Estado do Paraná, proposta por MAACK (1968), compreendem as regiões geográfico-naturais denominadas: Litoral, Serra do Mar e Primeiro Planalto. Tais regiões foram relacionadas a grandes facetas ou facetas genéricas dos sistemas da terra delimitados nos Grandes Domínios Morfoclimáticos mencionados.

Considerando-se ainda a classificação proposta por MAACK (1968) as regiões Litoral e Primeiro Planalto são subdivididas nas sub-regiões Orla Marítima e Orla da Serra para o Litoral Planalto de Curitiba, e em Planalto do Maracanã e Região Montanhosa do Açungui, o Primeiro Planalto; a Serra do Mar foi mantida sem subdivisões. Todas elas passam a ser consideradas como facetas da paisagem regional.

A correlação dos condicionantes fitogeomorfológicos permitiu aproximar a referida classificação a uma escala local, com o devido ajuste cartográfico para representação ilustrativa na escala 1:260.000 possibilitando de forma expedita, como um ensaio de aplicação da metodologia proposta, mapear, a partir destas facetas regionais, facetas locais da paisagem e algumas de suas subfacetas ou unidades variantes, a seguir apresentadas.

O mapa final fitogeomorfológico resultante da classificação com base em critérios geomorfológico - climáticos (atuais e paleoclimáticas) e fitogeográfico - ecológicos (atuais e paleo-ecológicas), desse modo procura abordar nessa aproximação a delimitação cartográfica de unidades ambientais na faixa de transição morfoclimática em área de formações florestais

relativamente contínuas e coalescentes situadas nas vertentes da Serra do Mar, dentro das limitações da escala e resolução espacial das imagens.

Convém ainda ressaltar que a heterogeneidade dos dados envolvidos disponíveis e a ausência de base cartográfica (em escala maior) compatível, para integração cartográfica diante das limitações técnico-operacionais (em especial a falta de levantamentos de base mais detalhados), foram fatores que dificultaram tratar isoladamente todos os ecossistemas florestais envolvidos e a geração de uma base de dados que permitisse uma exploração mais ampla do sistema de informação geográfica. Por isso, optou-se pelo uso de classificação supervisionada para generalizar algumas unidades como associações, apesar dos recursos disponíveis de classificação por técnicas de processamento digital de imagens e SIG terem se demonstrado eficientes para tal detalhamento.

O uso integrado dos dados matriciais resultantes do processamento digital das imagens orbitais e informações vetoriais por meio de cruzamentos e manipulações com o uso de sistema de informação geográfica, facilitou significativamente a análise e permitiu, com relativa facilidade e precisão, identificar, nos sistemas da terra Domínio Tropical Atlântico e Domínio Subtropical dos Planaltos com Araucaria, um total de 29 unidades (variantes, facetas e ou subfacetas) fitogeomorfológicas (Tabela 5.5 a seguir).

A aplicação do modelo de classificação em unidades fitogeomorfológicas identificadas na região, com base em critérios de compartimentação geomorfológica e fitogeográfica da paisagem já abordados, possibilitou, a partir do cruzamento dos dados e informações levantados, identificar unidades ou facetas da paisagem, bem como em muitos casos subdividi-las, para posteriormente mapeá-las, utilizando recursos operacionais relativamente simples de integração cartográfica, agregação de dados, reclassificação e cruzamento disponíveis no *software* de geoprocessamento utilizado.

No processamento e integração cartográfica de dados em SIG, obtidos a partir de arquivo vetorial de altimetria, foi gerado o modelo numérico do terreno (MNT) e processadas as cartas de declividade e hipsometria que facilitaram a análise do relevo e sua compartimentação.

Assim foi possível identificar unidades variantes, facetas e subfacetas, relacionadas as grandes superfícies de aplainamento, reconhecidas na região pesquisada. (Tabela 5.5 e figura 5.10)

O grande sistema morfoclimático de Domínio Tropical Atlântico compreende localmente duas grandes facetas da paisagem fitogeomorfológica regional, relacionadas a duas grandes regiões de paisagens naturais identificadas por MAACK (1968) como Litoral e Serra do Mar, as quais conforme presente proposição subdividem-se em facetas, subfacetas e unidades variantes quando relacionadas as grandes superfícies de aplainamento.

O litoral e a Serra do Mar são estruturalmente originários de processos tectônicos similares e modelados em largos traços pelos mesmos processos morfoclimáticos que originaram em toda região grandes superfícies de aplainamento, decorrentes de pelo menos três grandes eventos de pediplanação ( $Pd_3$ ,  $Pd_2$  e  $Pd_1$ ), intercalados por longas fases de dissecação da paisagem em parte favorecidas pela epirogênese, mas especialmente diferenciadas em função dos níveis de base locais e regionais, além das oscilações do nível do mar.

Essas superfícies pediplanadas foram especialmente reafeiçoadas ao longo do período Quaternário por inúmeros ciclos de pedimentação e de aplainamentos intermontanos sucedidos por fases de dissecação desenvolvidas em períodos bem mais breves. São os responsáveis em grande parte pela complexidade morfológica da região, dos quais destacam-se pelo menos dois períodos de pedimentação ( $P_2$  e  $P_1$ ) - Períodos em que concomitantemente ocorreram o mar oscilava. Desses eventos resultaram mobilizações diversas de materiais na superfície, especialmente nos últimos eventos, responsáveis pela origem da sedimentação no litoral de dois planos de sedimentação, ou dois planos de entulhamento, um de origem terrígena relacionado aos eventos de aplainamento e outro de origem marinha responsável pela elaboração de unidades variantes que se sobrepuseram parcialmente às primeiras, moldando desse modo as duas sub-regiões na faceta Litoral, identificadas por Fernandes in MAACK (1981) de “orla da serra” e “orla marinha”.

Da grande unidade variante “orla marinha”, situada em terrenos planos próximos ao nível atual do mar, são identificadas nitidamente nas imagens pelo menos três subunidades: o manguezal, a Zona de Cladium e a Restinga. Essas subunidades são desenvolvidas em ambientes de origem predominantemente marinha, intercalados por pequenas áreas originárias de recente sedimentação aluvial ou colúvio-aluvial, localizadas respectivamente ao longo dos cursos fluviais que cortam essas planícies marinhas e ao longo de suas bordas adjacentes às encostas.

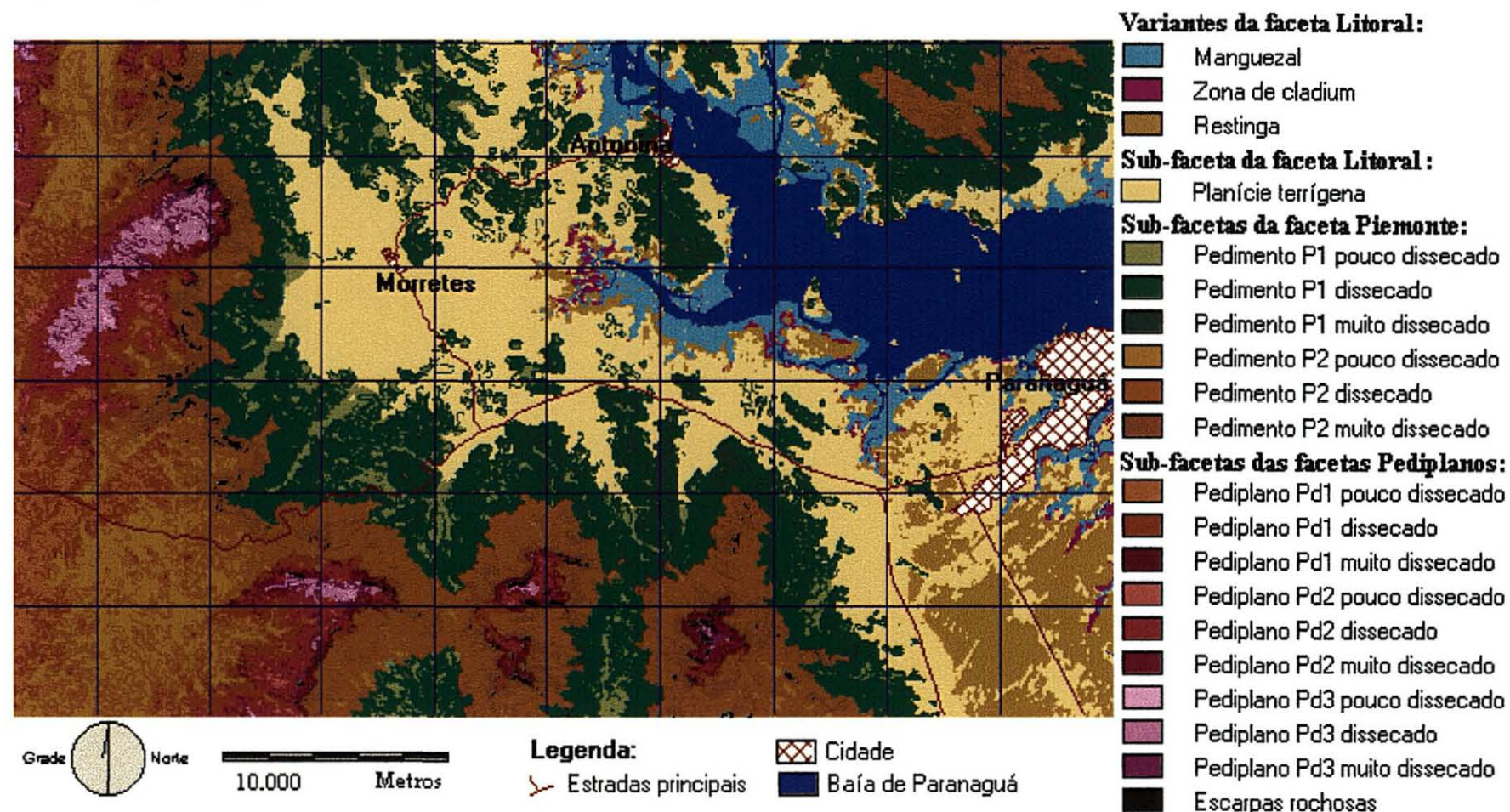


UNIDADES DA PAISAGEM	UNIDADES FITO-GEOMORFOLÓGICAS	SubFacetas das Unidades	Classes m. n. a. m.	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES FITOGEOGRÁFICAS (FORMAÇÕES)
Variantes	Mangue		0-30	Superfície dos baixos terraços e rampas dissecados e planície sedimentar atual com antigos cordões de restingas (depósitos colúvio-aluvionares, flúvio-marinhos e eólicos).	Pioneira de influência Flúvio - Marinha
	Cladium				Pioneira de influência Flúvio - Marinha
	Restinga				Pioneira de influência Marinha
Facetas	Planície litorânea terrígena		0-50	Superfície de baixos terraços rampas dissecados e coalescência de planícies aluviais	Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
	Planícies aluviais		50- 1.400	Pequenas planícies fluviais	Floresta Ombrófila Densa Aluvial
	Pedimento P <sub>1</sub> submontano	Pouco dissecada	50-250	Superfícies do pedimento P <sub>1</sub> , setor inferior ao médio do piemonte.	Floresta Ombrófila Densa Submontana
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Pedimento P <sub>2</sub> submontano	Pouco dissecada	250-500	Superfícies do pedimento P <sub>2</sub> , setor médio ao superior do piemonte.	Floresta Ombrófila Densa Montana
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Escarpas pedimentadas do setor baixo montano	Pouco dissecada	500-850	Superfícies do pediplano Pd <sub>1</sub> muito dissecado, predomínio das escarpas (intermediárias do setor montano).	Floresta Ombrófila Densa Montana
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Pediaplano Pd <sub>1</sub> em borda do planalto e serra	Pouco dissecada	850-900	Superfícies residuais do Pediplano Pd <sub>1</sub> na Serra do Mar e borda do Planalto de Curitiba.	Floresta Ombrófila de transição Densa Montana / Mista
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Pediaplano Pd <sub>1</sub> do planalto e setor montano da serra	Pouco dissecada	900-1.000	Pediaplano Pd <sub>1</sub> e Superfícies residuais pedimentares e pequenas planícies embutidas no Planalto de Curitiba.	Floresta Ombrófila Mista
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Pediplanos Pd <sub>1</sub> /Pd <sub>2</sub> das serras intermediárias rebaixadas	Pouco dissecada	1.100-1.200	Superfícies residuais dos Pediplanos Pd <sub>1</sub> , elevado e Pediplano Pd <sub>2</sub> rebaixado.	Floresta Ombrófila Densa transição Montana/Altomontana
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Pediaplano Pd <sub>2</sub> das serras intermediárias e escarpas elevadas	Pouco dissecada	1.200-1.400	Superfícies residuais do Pediplano Pd <sub>2</sub> (Serra do Mar)	Floresta Ombrófila Densa Altomontana
		Dissecada			
		Muito dissecada			
	Pediaplano Pd <sub>3</sub> das serras elevadas	Pouco dissecada	>1.400	Superfícies residuais do Pediplano Pd <sub>2</sub> (Serra do Mar)	Refúgios ecológicos
		Dissecada			
		Muito dissecada			

Tabela 5.5: Unidades fitogeomorfológicas.

**Figura 5-10: Mapa das Unidades Fitogeomorfológicas 1ª aproximação.**

Unidades relacionadas a variantes da grande faceta Litoral: Manguezal; Zona de cladium e Restinga. Unidade ou faceta relacionada a grande faceta Litoral Planície Terrígena: U. da planície. Unidades relacionadas a subfacetas da faceta Piemonte: Pedimento P<sub>1</sub> pouco dissecado; Pedimento P<sub>1</sub> dissecado; Pedimento P<sub>1</sub> muito dissecado; Pedimento P<sub>2</sub> pouco dissecado; Pedimento P<sub>2</sub> dissecado; Pedimento P<sub>2</sub> muito dissecado. Unidades relacionadas a subfacetas das facetas superfícies pediplanadas: Pediplano Pd<sub>1</sub> pouco dissecado, Pediplano Pd<sub>1</sub> dissecado, Pediplano Pd<sub>1</sub> muito dissecado; Pediplano Pd<sub>2</sub> pouco dissecado, Pediplano Pd<sub>2</sub> dissecado, Pediplano Pd<sub>2</sub> muito dissecado; Pediplano Pd<sub>3</sub> pouco dissecado, Pediplano Pd<sub>3</sub> dissecado, Pediplano Pd<sub>3</sub> muito dissecado. Unidade relacionada a subfaceta escarpas rochosas: Escarpas rochosas.



A “orla da serra” constitui a faceta local ora denominada Planície Terrígena, relacionada aos períodos de reafeiçoamento da paisagem por processos de pedimentação e particularmente pelo mais recente entulhamento dos vales esculpidos em períodos de níveis mais baixos do mar e pelos cones de dejeção fluvial responsáveis pela coalescência das planícies fluviais atuais nessa porção da planície litorânea. A cobertura vegetal característica é a Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, que alcança a porção inferior das rampas de colúvio e segmento inferior do piemonte, onde são mantidas condições hidrológicas similares. Essas planícies são definidas por BIGARELLA (1946) como de natureza terrígena.

A partir da porção limítrofe da “orla da serra”, desenvolvem-se as superfícies de piemonte relacionadas aos pedimentos  $P_2$  e  $P_1$  e depósitos correlativos; identificam-se pelo menos duas unidades e subfacetas associadas ainda a pelo menos mais duas unidades geomorfológicas significativas além dos terraços correlativos das referidas superfícies de aplainamento, ou seja: as pequenas planícies aluviais intermontanas e os depósitos de tálus. Nestas superfícies pedimentares a Floresta Ombrófila Densa Submontana encontra condições para seu máximo desenvolvimento, sendo qualificada como o clímax climático, nas áreas mais preservadas da superfícies de aplainamento inferiores correspondentes ao  $P_1$ , terraços, rampas e tálus junto às superfícies com menor dissecação, localizados entre as cotas de 50 e 250 m a.n.m., onde encontram condições edáficas e bioclimáticas mais favoráveis.

Os pedimentos elevados embutidos em anfiteatros localizados na área de ocorrência das escarpas intermediárias e as próprias escarpas constituem subfacetas das áreas situadas entre 500 e 800 m.a.n.m; vegetação essa que nitidamente demonstra a relação de seu grau de desenvolvimento relacionado ao grau de dissecação da superfície onde a maior dissecação resulta em menor desenvolvimento da cobertura edáfica e florestal e certamente menor diversidade e maior seletividade das espécies.

As escarpas intermediárias desenvolvidas entre 500 e 800 m. a.n.m., onde a dissecação foi extrema ou onde indefinidamente as encostas são mantidas verticalizadas e sub-verticalizadas, compõem anfiteatros de antigos alvéolos erosivos (grotões), que pela sua morfogênese caracterizam mais uma unidade fitogeomorfológica onde ocorrem afloramentos rochosos com vegetação rupreste. Caracteriza-se, assim, uma ruptura bem marcada no gradiente nas encostas escarpadas donde sobressaem os núcleos que compõem o corpo principal da Serra do Mar, da zona de piemonte.

Conservados em platôs mais elevados os remanescentes de pediplanos constituem três facetas, cada uma delas é diferenciada pelo grau de dissecação associado a fatores ambientais locais apresentam subfacetas particulares:

- A superfície do pediplano Pd<sub>1</sub> muito dissecada nas vertentes orientais da Serra do Mar e em elevações isoladas no litoral tem características similares aos pedimentos elevados e abriga uma vegetação montana, embora possivelmente com variação na sua composição com espécies mais seletivas ao gradiente térmico que se aproxima, dada a altitude, ao clima do planalto, ou seja, mais ameno em relação ao ambiente tropicalizado do litoral e das encostas montanas e especialmente submontanas, isto é, abaixo da cota de 800 m a.n.m., que eventualmente avança sobre a área planáltica onde os principais vales da Bacia Atlântica adentram o planalto, rebaixado a 850 m.a.n.m.
- Áreas onde houve menor dissecação a superfície intermontana do pediplano Pd<sub>1</sub>, na borda oriental do Planalto de Curitiba com altitudes entre 850 e 900m a.n.m., apresentam uma cobertura florestal com evidentes traços de transição semelhantes aos identificados em formações altomontanas onde o ecótono das Florestas Ombrófilas Densa Montana e a Mista com Araucária perdem suas características. Neste caso pode ser constatado um menor número de araucárias que deixa de ser a espécie dominante e apresenta características de nanismo. Essa vegetação, assim como nas demais espécies, possivelmente tem seu pequeno desenvolvimento relacionado às condições bioclimáticas e edáficas particulares dessa faixa de transição especialmente encontradas nas áreas mais dissecadas dessa porção que passa a exibir subfacetas, que de um lado, tendem aos ambientes mais tropicalizados das vertentes orientais e em sentido oposto, passam ao ambiente subtropical do planalto.
- Localmente pequenas áreas de 850 a 900m a.n.m diferenciam-se das áreas mais interiores do planalto com 900 a 1.000 m. a.n.m onde há bosques mais desenvolvidos da Floresta Ombrófila Mista com Araucária, as associações com estepes e a vegetação aluvial em pequenas planícies. Isso torna bastante evidentes as implicações dos aspectos morfodinâmicos relacionadas as superfícies de aplainamento como fatores determinantes nas diferenças edáficas e bioclimáticas com características de ambientes altomontanos. (Foto 2)



A presença dessas diversas formações em faixa bastante estreita caracterizam essa área como de tensão ecológica que certamente em decorrência das adaptações sofridas deve, além de abrigar subespécies, apresentar possivelmente espécies endêmicas.



**Foto 5.2: Floresta Ombrófila Mista com Araucária com características de altomontana**

As superfícies pediplanadas mais antigas são localizadas junto aos relevos residuais elevados, em geral muito dissecados de blocos de antigos maciços deslocados por ação tectônica posterior ao seu aplainamento e anteriores ao seu reafeiçoamento, ao qual são enquadradas suas distintas unidades fitogeomorfológicas:

- as superfícies relacionadas ao nível do pediplano  $Pd_1$  elevado e  $Pd_2$  rebaixado entre 1.000 e 1.100 m a.n.m. compreendem a zona de transição das formações montanas para as altomontanas, sendo que nas vertentes ocidentais da Serra do Mar é marcante a ausência da araucária acima dos 1.100 m a.n.m. e na vertente oriental é gradativa a redução no porte da Floresta Ombrófila Densa Montana, que passa ainda a abrigar espécies mais seletivas a condições térmicas e hídricas, conforme demonstrado por estudo local efetuado por RODERJAN (1994). Em áreas mais abrigadas ao longo de vales suspensos em pequenos

alvéolos embutidos nas altas encostas entre os topos, onde a convergência de fatores ambientais são mais favoráveis à ocorrência do ambiente montano, ao contrário das superfícies elevadas mais expostas e escarpadas entre 1.100 e 1.200 m.a.n.m., surgem sub-unidades pouco vegetadas ou similares às formações altomontanas com ocorrência de afloramentos nessas escarpas elevadas.

■ relacionados ao pediplano Pd<sub>3</sub>, de modo análogo observa-se junto aos remanescentes aplainados mais elevados, a Floresta Ombrófila Densa Altomontana e Refúgios Ecológicos, normalmente em altitudes superiores a 1200m. a.n.m., onde ocorrem espécies muito seletivas às condições térmicas e hídricas, conforme demonstrado em estudos locais efetuado por MAACK (1968); KLEIN (1978) e RODERJAN (1994). São relictuais de ambientes morfoclimáticos passados, constituindo áreas de particular interesse e com características e complexidade similares à apresentada pelas unidades relacionadas ao ecótono das Florestas Ombrófilas Densa e Mista, anteriormente descritas. Além, do significativo diferencial bioclimático dessas unidades altomontanas, cabe destacar a ocorrência de afloramentos rochosos de modo indiferenciado em todas unidades desse compartimento elevado, que, muito embora ocorram com mais frequência nas porções mais dissecadas, nos topos em geral abrigam campos e formações rupestres independentemente de sua morfologia. Os campos são dominantes nas superfícies mais aplainadas, eventualmente ainda em áreas mais protegidas nos pequenos vales suspensos ou pequenos alvéolos embutidos nas altas encostas entre os topos, local em que os fatores ambientais são mais favoráveis à ocorrência de cobertura arbórea altomontana do tipo nebuloso com porte muito reduzido (não raro com altura inferior a 2 m), com o dossel moldado pelos ventos dominantes que mantêm o mesmo-nivelado.

Os aspectos fitogeomorfológicos abordados, ainda que de modo parcial neste estudo dadas as características apresentadas pelas superfícies de aplainamento como facetas da paisagem na área, permitem afirmar que as mesmas sugerem mais do que uma relação direta com o zoneamento vertical da vegetação nas áreas montanhosas, pois o seu grau de conservação ou dissecação é determinante nas significativas diferenciações locais de condições ambientais que apresentam implicações morfodinâmicas diretamente relacionadas ao desenvolvimento e distribuição da vegetação, tanto nas áreas montanhosas quanto nas planícies, conseqüentemente possibilitam delimitar facetas e subfacetas que auxiliam na diferenciação de ecossistemas locais, independentemente do macro-zoneamento vertical

simplesmente baseado na altitude. Esses ecossistemas ao longo do tempo geológico evoluíram em alguns casos para áreas de exceção possibilitando em condições excepcionais abrigar formações relictuais, ou seja, servir como refúgio ecológico, cujas espécies adaptadas às atuais condições ambientais conservam suas características primitivas.

Como já demonstrado, em longos períodos os componentes físicos do meio natural passaram por grandes mudanças que são influenciadas e influem em sistemas adjacentes, naturais ou não, tanto no sentido espacial horizontal quanto no vertical. Fazem parte portanto de grandes geossistemas, que por sua vez no curso de sua evolução propiciaram a origem complexa de muitos dos atuais ecossistemas, de tal modo que estas unidades parciais do geossistema devem ser preservadas e, para o seu melhor entendimento, devem passar por estudos interdisciplinares aprofundados não somente do meio biótico, mas também do abiótico. E as pesquisas fitogeomorfológicas certamente tem muito a contribuir.

Na efetivação desses trabalhos sem dúvida devem ser cada vez maior e mais diversificados o uso de sistemas de informação geográfica e a exploração das ferramentas de coleta, manipulação, armazenamento e processamento de imagens, que podem ser apontados como grandes facilitadores na integração e geração de dados para análise, consulta e produção de mapas e divulgação da informação georreferenciada.

As relações fitogeomorfológicas estudadas, no que se refere aos níveis de erosão e ou sedimentação na área pesquisada, demonstram características geodinâmicas que evidenciam no balanço relativo no equilíbrio entre processos de morfogênese e pedogênese, facetas bastante diversificadas, mesmo no que refere-se aos grandes conjuntos geográficos naturais do Estado do Paraná, identificados por MAACK (1968), e individualizados como grandes paisagens e subzonas naturais.

Do mesmo modo, quanto às características fitogeomorfológicas, verifica-se que genericamente as unidades variantes encontradas nas regiões geográfico-naturais envolvidas e suas subzonas, apresentam relações bastante significativas entre o grau de preservação das superfícies geomórficas de erosão e ou sedimentação e particularmente suas condições de estabilidade do equilíbrio entre os processos de morfogênese e pedogênese mantidos ao longo do tempo, pois desses decorrem parte mais ou menos significativa das propriedades geotécnicas e hidrodinâmicas herdadas na paisagem atual. E.g. em superfícies geomórficas relacionadas aos níveis, ou superfícies geomórficas mais preservadas e antigas ocorrem os



solos mais desenvolvidos onde a cobertura vegetal tende a atingir máxima expressão; fato verificado mesmo nas encostas da serra onde a vegetação atinge o clímax, sem que os fatores locais permitam que o solo alcance estágios com maior desenvolvimento, quando comparados aos da área do planalto.

As formações pioneiras do mangue, a restinga, a mata ciliar e os campos edáficos, por estarem abrigadas em ambientes de elevada instabilidade do nível freático, desenvolvem mecanismos de adaptação ecológica ou ambiental e de distribuição especiais, os quais estão intimamente relacionados à dinâmica marinha e ou fluvial, o que permite classificá-las como ecologicamente sensíveis. Desse modo, conforme considerações anteriores essas áreas juntamente com extensão abrangida pela Serra do Mar devem fazer parte de unidades especiais de conservação, pois exigem cuidados especiais em seu manejo e ocupação. Quando estes forem inevitáveis, por outro lado, alerta-se para o fato que, se não forem tomadas medidas urgentes para demarcação de reservas naturais dessas unidades como um todo, além do desaparecimento das áreas não protegidas legalmente, pelo efeito de borda e especialmente com o comprometimento ainda que parcial e indireto, as demais formações preservadas por imposição legal serão comprometidas. Isto porque, são ecossistemas interdependentes pertencentes à grande biocenose ou bioma identificado como Floresta Ombrófila, a qual somente manterá sua rica biodiversidade preservada e em curso evolutivo natural se conjuntos contíguos de sua subformações constituintes forem preservados, fato que deixa de ser possível à medida que as últimas reservas das áreas de mananciais e bordas de campo no planalto vem sendo loteadas para instalação de chácaras ou mesmo áreas urbanas e industriais, e cuja pressão sobre os últimos remanescentes tende a se acentuar ainda mais com a aproximação do eixo de circulação, rodoviário BR-116.

Nesse sentido deve-se destacar, ainda, que das poucas áreas remanescentes do domínio da Floresta Ombrófila Mista com Araucária no Planalto de Curitiba, essas deveriam ser agregadas à reserva do parque estadual do Marumbi, em especial as planícies e capões das bacias dos rio Piraquara e Pequeno, onde possivelmente estão abrigadas inúmeras espécies endêmicas, possivelmente algumas desconhecidas, como se comprovou recentemente com a descoberta de uma espécie de ave na bacia próxima do rio Iraí, também integrante do conjunto que constitui os mananciais de abastecimento de água da Região Metropolitana de Curitiba. Essas áreas de preservação ainda facilitariam a manutenção da qualidade hídrica da região.

Chama-se a atenção para o fato de na planície litorânea se repetir mesma problemática com a construção da rodovia Alexandra Matinhos e a urbanização de Paranaguá e orla litorânea a partir dos balneários.

Enfim cabe salientar que mediante a presente análise, embora no desenvolvimento do trabalho não tenham sido efetuados estudos regionais comparativos e específicos da socio-economia, os grandes traços da paisagem indicam que a partir do litoral central do Estado do Paraná em direção ao Planalto de Curitiba encontra-se um conjunto fitogeomorfológico diferenciado na paisagem que merece ser preservado e estudado com maior detalhe em todos seus aspectos por assumir posição estratégica e de segurança regional.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A presente pesquisa teve como principal resultado uma proposta de classificação da paisagem com base na compartimentação fitogeomorfológica de uma porção do leste paranaense, abrangendo partes das grandes regiões naturais identificadas por MAACK (1968), como Litoral, Serra do Mar e Planalto de Curitiba. A proposta teve como objetivo, além de sugerir o uso de procedimentos metodológicos aliados aos recentes recursos de geoprocessamento, aproximar uma nova perspectiva conceitual de aplicação da geomorfologia climática nos estudos florestais, para os quais o instrumental da informática e o processamento digital de imagens destacam-se como eficientes recursos de análise da paisagem.

Esses procedimentos auxiliaram na identificação e detalhamento das relações entre a estrutura, função e dinâmica das paisagens envolvidas e as suas correlações com processos ecológicos sobrejacentes, inclusive aqueles decorrentes da ação antrópica, e, deste modo, nos estudos de inúmeros processos físico-ambientais de natureza geomorfológica, geológica, fitogeográfica, climatológica e pedológica. Ainda pouco conhecidos sob o aspecto geodinâmico e fitogeográfico local, podem também contribuir no manejo florestal e planejamento da ocupação racional da região com melhores perspectivas de efetivamente auxiliar na manutenção da rica biodiversidade nesse setor do território paranaense e promover seu desenvolvimento sustentado.

Nesse sentido, pesquisas multidisciplinares apoiadas em métodos de análise das paisagens que integrem as modernas técnicas de geoprocessamento e o uso de novos equipamentos de sensoriamento remoto no processamento digital de imagens, da cartografia digital e na modelagem espacial de dados em sistemas de informação geográfica, tem muito a avançar e devem sempre ser consideradas. Seus resultados podem ter ampla aplicação na classificação das diferentes unidades que compõem a paisagem, independente da escala, do tipo de abordagem e dos aspectos que caracterizem a dinâmica da paisagem, quer seja de ordem natural, quer decorrente da antropização.

Quanto às variáveis identificadas e utilizadas na delimitação fitogeomorfológica, pode-se afirmar que a vegetação regional e local em estudo apresenta efetivamente característica de descontinuidade espacial ou corológica diversa da distribuição zonal (relativa à variação determinada pela latitude ou mesmo proporcional à compensação por altitude). Esta sem dúvida apresenta-se como um forte componente no gradiente altimétrico, relacionado a

diferenças locais do meio ambiente que interferem na distribuição da vegetação e que foi relativamente mantido ao longo dos períodos geológicos mais recentes.

Entretanto, na distribuição da vegetação também são de igual importância as feições relacionadas às superfícies de aplainamento correlacionadas às oscilações climáticas, cuja importância se refere tanto a sua constituição (materiais correlativos) quanto simplesmente à morfologia que tiveram efeito não tão somente na evolução dos biótopos locais e suas respectivas biocenoses, como também no reafeiçoamento da paisagem regional por meio da ação cíclica dos processos morfoclimáticos de agradação e degradação.

A visão integrada fitogeomorfológica, demonstrou-se efetivamente facilitadora na identificação das unidades geoambientais e da própria fitogeografia, a qual por sua vez nas superfícies planas recentes foi indicadora da própria composição geomorfológica, confirmando a aplicabilidade das bases conceituais e metodológicas da fitogeomorfologia na geração de informações ambientais. Estas devem contribuir na solução de diversos problemas de conservação dos recursos naturais e melhoria da qualidade de vida, fundamentos do desenvolvimento sustentado, e essenciais em áreas apresentam um potencial para o uso agro-florestal e exploração do ecoturismo, que necessariamente passam pela implementação de um plano de manejo florestal, ao qual a identificação das unidades fitogeomorfológicas são elementos fundamentais.

Finalmente, destaca-se que as questões envolvidas no presente estudo, além de retomar aspectos conceituais de base de algumas disciplinas envolvidas e alertar para a necessidade de levantamentos específicos, ao abordar problemas diretamente relacionados ao zoneamento fitogeomorfológico, sugerem a aplicação de novas linhas de pesquisa voltadas ao manejo de ecossistemas que devem ser preservados, ecossistemas que já sofrem a ameaça de extinção, pela exploração florestal com corte raso, ou pela degradação decorrente da pressão urbana adjacente.

A preservação de ambientes assim configurados encontra a sua justificativa não apenas nos aspectos ecológicos-ambientais, mas também nos fatores econômicos, cujo equilíbrio constituirá uma das principais buscas do próximo milênio.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Ab'SABER, A. N. Etat actuel des connaissances sur les niveaux d'érosion et les surfaces d'aplanissement du Brésil. In: **Congrès International de Géographie**, 18, Report. New York, Union Geographique Internationale, s.d. Rio de Janeiro, 1956. v.5; p.7-27.
- Ab'SABER, A. N. Revisão do conhecimento sobre o horizonte subsuperficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. **Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geografia Física**, Curitiba, 1962.(2): 1-32.
- Ab'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. USP. Instituto de Geogr. **Geomorfologia** 20, São Paulo, 1970:1-26p.,
- Ab'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos na América do Sul. **Boletim da Universidade de São Paulo Geomorfologia (52)** São Paulo, 1970 in 1977. p: 1-23.
- Ab'SABER, A. N. e BIGARELLA, J.J. (1961<sub>a</sub>) Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Mar. **Boletim Paranaense de geografia N<sup>os</sup> 4 e 5**, Curitiba, 1961.p.98-110.
- Ab'SABER, A. N. e BIGARELLA, J.J. (1961<sub>b</sub>) Superfícies aplainadas do Primeiro Planalto no Paraná. **Boletim Paranaense de geografia N<sup>os</sup> 4 e 5**, Curitiba, 1961.p.116-125.
- ANDERSON, H. W. Suspended sediment discharge as related to stream flow, topography soil and land use, **Am. Geography's. Union Trans.** 35 ,1954: 268-281.
- ANDERSON, P. S. **Fundamentos para fotointerpretação**. Soc. Bras. De Cart., Rio de Janeiro, 1982. 136p.
- ANDRADE, G. O.; BIGARELLA, J. J. e LINS, R. G. Contribuição à geomorfologia e paleoclimatologia do Rio Grande do Sul e Uruguai. **Bol. Paranaense de Geografia N<sup>os</sup> 8 e 9**, Curitiba, 1963.p. 123-131.
- ANGULO, R. **Geologia da Planície costeira do Estado do Paraná**. Tese (Doutorado em geologia) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992. p.334.

- AUER, V. The quaternary history of Fuego Patagônia. **Royal Soc., Bol. Vol. 152**, London, 1960. p. 507-516.
- ÁVILA - PIRES F. D. de. Caracterização Zoogeográfica da Província Amazônica . I ,II. **An. Acad. Brasil. Ciência 46**. Rio de Janeiro, 1974 (1): 133-158/159-181,.
- BAULLING, H. Le profil d'équilibre des vertentes. Paris, 1940. **Annales de Géographie**, p49,.
- BECKER, R.D. **Distribuição dos Sedimentos Cenozóicos na Região Metropolitana de Curitiba e sua relação com a estrutura geológica e morfológica regional**. Tese. Doutorado (Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre, 1982. 237p..
- BEINROTH, F.H.; VEHARA, G. e IKAWA. Geomorphic relationships of oxisols and ultisols on Kauai, Havair. **Soil Sai. Soc. Am. Proc.**, **38** , 1974. (1):p. 250-7.
- BELWARD, A. S. e VALENZUELA, C.R. Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resource Management in Developing Countries- **Euro courses: Remote sensing . Vol. 1** . Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1991. 443-490.
- BERTAND, G. Paisagem e Geografia Global - Esboço Metodológico. **Cad. Ciências da Terra 13**, IG. USP, São Paulo, 1972. p27.
- BIGARELLA J.J. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (2º parte). **Revista Brasil. Geografia.** 6(2) São Paulo, 1944. P. 155-78.
- BIGARELLA, J.J. Contribuição ao estudo da Planície litorânea do Estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e tecnologia. Vol. I**, Curitiba, 1946. p. 75-111.
- BIGARELLA J.J. Breves notícias sobre a Geologia do Estado do Paraná e Santa Catarina. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, **2**. Curitiba, 1947. p: 99-200.
- BIGARELLA, J.J. Esboço da geomorfologia do Estado do Paraná. **Boletim do I.B.P.T. (32)**, Curitiba, 1954. p: 1-21.
- BIGARELLA J.J. Notas complementares à planta geológica da Cidade de Curitiba e arredores. **Boletim do I. B.P.T. (40)** Curitiba, 1959. p: 1-14.
- BIGARELLA, J.J. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra do Mar no Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia**, (4/5). Curitiba 1961. p:94-125.

- BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. **ANAIS: 1º Simpósio de Reflorestamento da Região da Araucária**. Curitiba 1963. p. 141-150.
- BIGARELLA, J.J. Subsídios para o estudo das variações no nível oceânico no Quaternário Brasileiro, **An. Acad. Bras. Ciência**. **37**(Suplemento). Rio de Janeiro, 1965. p: 263-278.
- BIGARELLA, J.J. Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia N<sup>os</sup> 10 a 15**, Curitiba, 1964. p: 211-231.
- BIGARELLA J.J. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, (16/17) Curitiba, 1965. p: 51-117.
- BIGARELLA J.J. Geologia da Folha de Araucária. **Boletim da Universidade Federal do Paraná**, (24) Curitiba, 1967.
- BIGARELLA, J.J. Variações Climáticas no Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do carbono 14. **Paleoclima**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1971.p. 1-22.
- BIGARELLA J.J. Pediments, a Convergence of Processes. **Boletim Paranaense de Geociências**, (33) Curitiba, 1975. p.206-216
- BIGARELLA, J. J. **A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná** . (Um problema de segurança ambiental e nacional/ contribuição à geografia, geologia e ecologia regional.). Gov. Estado do Paraná/ADEA. Curitiba , 1978. 248p.
- BIGARELLA J.J. e Ab'SABER, A. N. Consideração sobre a geomorfogênese da Serra do Mar no Paraná. **Boletim Paranaense de Geografia n.º 4e5**, Curitiba, (1961<sup>a</sup>)
- BIGARELLA J.J. e AB'SABER, A. N. Origem e ambiente de deposição da Bacia de Curitiba. **Boletim Paranaense de Geografia**, (4/5) Curitiba, (1961)<sup>b</sup>. p: 71-78.
- BIGARELLA J.J. e Ab'SABER A. N. Aspectos paleogeográficos e paleoclimáticos de Cenozóico no Brasil Meridional - (Inédito 1963) in BIGARELLA **Bol. Paran. Geogr. 10/15** Curitiba. 1964. p: 211-231.



- BIGARELLA J.J. e Ab'SABER, A. N. Paleographische und Paleoklimatische aspekte des kaenozoikums in sued. Brasilien . **Zeitschrisft fuer Geomorphologie** 8 (3). Berlin, 1964.: 286-312.
- BIGARELLA, J. J. e BECKER, R. D. International Symposium of the Quaternary. **Bol. Paranaense de Geoc.** 33. Curitiba, 1975. p. 67-88.
- BIGARELLA J.J. e MAZUCHOWSKI. **Visão integrada da problemática da erosão - Livro Guia. 3º Simpósio Nacional de Controle de erosão. ABGE/ADEA, Maringá, 1985. 332p.**
- BIGARELLA J.J. e MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzea. **Boletim Paranaense de Geografia**, (16/17) Curitiba, 1965. p: 153-197.
- BIGARELLA J.J. e MOUSINHO, M.R. Considerações a respeito da evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**. (16/17) Curitiba, 1965. p:85-117.
- BIGARELLA, J.J. e MOUSINHO, M. R. Slope development in Southeastern and Southern Brazil. **Zeits. Fier Geomorphology**. Bd. 10. Berlim, 1966. p. 150-160.
- BIGARELLA, J.J. e SALAMUNI, R. Considerações sobre o paleoclima da bacia de Curitiba. **Bol. Inst. Hist. Nat. Geologia** 1. Curitiba, 1958. p.10.
- BIGARELLA, J.J. e SALAMUNI, R. Ocorrência de sedimentos continentais na região litorânea de Santa Catarina e sua significação paleoclimática. **Boletim Paranaense de geografia** 4/5, Curitiba, 1961. p. 179-187.
- BIGARELLA J.J.; ANDRADE - LIMA D. e RIEHS, P.J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **An. Acad. Brasil. Ciênc.** 47(Suplemento) Curitiba. 1975. p: 411-464.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. e PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: Intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais. Vol. 2. Ed. UFSC. Florianópolis, 1997. p.433-875.**
- BIGARELLA J.J.; MARQUES FILHO, P.L. e Ab'SÁBER. Ocorrência de pedimentos remanescentes nas fraldas da Serra do Iquererim: Garuva-SC. **Bol. Paranaense de Geografia** N<sup>os</sup> 4 e 5, Curitiba, 1961.p. 82- 93.

- BIGARELLA J.J. e MOUSINHO, M.R. e SILVA, J.X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**, (27) Curitiba, (1965)a. p: 15-80.
- BIGARELLA, J.J.; MOUSINHO, M.R. e SILVA, J. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Bol. Paran. Geog.** 16/17, Curitiba, (1965b). p. 117-151.
- BIGARELLA, J.J. et al. **Ouro fino - Levantamento de Recursos Naturais na Região Metropolitana de Curitiba** . Gov. Estado do Paraná/COMEC. Curitiba , 1979. 37p.
- BIRKELAND, P.W. **Pedology, Weathering and geomorphological research**, London, 1974. p:133-273.
- BOCCO, G. e VALENZUELA, C. R. Interaction of GIS and image processing in soil erosion studies using ILWIS. **ITC JOURNAL**, 4 Enschede, 1988. p.309-319.
- BROWN- Jr., K.S. e AB'SABER. Ice-age Forest Refuges and Evolution in Neotropics: Correlation of paleoclimatological, geomorphological and pedological data with modern biological endemism. **Paleoclimas v.5. USP- Instituto de Geografia**, São Paulo, 1979. 30p.
- BRYAN,K. The formation of pediments. In: **International Geology Congress**, 16, 1935. V.2; p. 765-775.
- BUDEL, J. Die Deppelten einebnungs Flächen in den fluchten tropen. **Zeitschrift fuer Geomorphologie**, 1. Berlim: 201-28, 1957.
- BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**, Clarendon Press, Oxford ,1989. 194p.
- BUTLER, B. E. Periodic phenomena in landscape as a base for soil studies. Soil publ. **C.S.I.R.O.**, (14) , 1959. p.1:20.
- CAILLEUX, A. e TRICART,J. Zones fitogéographiques et morphoclimatiques du Quaternaire du Brésil. **Compte Rendu Soc. de Biogeogr.**, nº 293. Paris, 1957. p.7-13.
- CHUVIECO, Emilio. **Fundamentos de teledeteccion Espacial**. RIALP Madrid, 1990. 453p.
- CODESUL. **Estudo para a formulação de políticas de desenvolvimento do setor florestal**. IPARDES. Curitiba, 1980. 162p.

- CHOPPIN, P. R.; BAUER, M.E. Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features. **IEEE Trans. on Geosc. and Remote Sensing**, **32(4)** 1994.:918-927.
- COSTA LIMA, J.M.J. **Estudo de uma seqüência de solos desenvolvidos de rochas básicas do Sudoeste do Estado do Paraná**. Dissertação. Mestrado Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 1979. 123 p.
- COSTA LIMA, V. **Caracterização e Classificação de solos derivados de eruptivas básicas do 3º Planalto Paranaense**. Tese (Doutorado, Ciência do Solo), Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz". Piracicaba, 1979<sup>a</sup>, 249 p.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Unicamp, Campinas. 1992. 170p.
- CRUZ, O. Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP: Contribuição a geomorfologia litorânea tropical. USP-IGEO, **Série teses e monografias V11**. São Paulo, 1974.: 1-179.
- CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia do Brasil**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 1998. 388p.
- DALRYMPLE, J.B., BLONG, R. J. e CONACHER, A.J. A hypothetical nine unit landsurface model. **Zeitschrit für Geomorphologie**, **12**, Berlin, 1968. p:60-70
- DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.E. e CADY, J.G. Some relations among coastal plain soil and Geomorphic surface in north Carolina. **Soil Sci. Amer. Proc.**, **34**: p.648-653.
- DAVIS, W.M. The geographical cycle, **Geographical Journal** **14**. New York, 1899. p.481-504.
- DAVIS, W.M. Rock floors in arid and humid climates. **The journal of Geology**, **38** New York, 1930. (1): 1-27.
- DAVIS, W.M. Piedmont benchlands and primarrumfe. **Bull. Geol. Soc. of American**, **(43)**, New York, 1932 p:399-440.
- DAVIS, W.M. Sheetfloods and streamfloods. **Bulletin of the Geological Society of America**, **(49)**. New York, 1938. p:1337-1416
- DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (1º parte). **Revista Brasil. Geografia**. **(54)** Rio de Janeiro, 1943. p: 523-550

- DE MARTONNE, E. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (2ª parte) **Revista Bras. Geogr.** 6(2) Rio de Janeiro, 1944.: 155-78
- De PLOEY, J.; CRUZ, O. Landslides in the Sierro do Mar, Brazil. **CATENA** 6, 2., 1979. p:111-122
- DERBYSHIRE, E. **Geomorphology and climate**. Willey, Bristol, 1976. p.339.
- DÉRRUAU, M. **Précis de geomorphologie**. Paris, Masson, 1962. p.393.
- DOMINGUES, A. J. Relatório geral de excursão ao Paraná e Santa Catarina. 103ª Tertúlia do Cons. Nac. de Geogr. **Boletim geográfico n.º 25**, Rio de Janeiro,. 1945. p. 75-82.
- DOUGLAS, I. Man vegetation and the sediment yield of rivers. **Nature** 215, 1967. p: 925-928,
- DRESCH, J. Pedimentos, glaciais de erosão, peneplanícies e inselbergs. **Notícias Geomorfológicas**. 49 (4) Campinas, 1962. p: 167-77
- DUNNE, Th. Sediment yield and land use in tropical catchments. **J. Hydrol.** 42, 1979.p. 81-300.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows: user's guide**. Clark University. Worcester, 1997. 421 p.
- ELLENBERG e MUELLER; DOMBOIS,D.A. Key to Raunkiaer plant site forms with revised subdivisions. **Ber. Geobot. Inst. ETH**, Stifig Rubel, Curick, 37 Berlin, 1966. p: 56-73.
- EMBRAPA - BRASIL/Ministério da Agricultura. Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná. EMBRAPA CPMF. **Documentos**, nº 17. Curitiba, 1986. 89p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Londrina, 1981. 2v.
- ERHART, H. Biostasie et rhesistasie esquime d'une théorie sur le rôle de la pedogenése en tant phenoméne geologique. **C.R.A. ad. Sci.**, 241. Paris, 1955. p: 1218-1220
- FAIRBRIDGE, R.W. Convergence of evidence on climatic change and ice ages. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 95. New York, 1961.: 542-579.

- FAIRBRIDGE, R.W. **World sea level and climatic changes. Quaternaria, Roma, V.6,** 1962. p:111-134..
- FREDRIKSEN, R.L. Erosion and sedimentation following road construction and timber harvest on instable soils in three small western Oregon watersheds. USD forest. Service **Research Paper. PNW-104**, Pac. Northwest for & Range Exp. St. Portland, 1970. 15 p.
- FURLEY, P.A. Soil formation and slope development. 2. The relationship between soil formation and gradient angle in the Oxford area. **Zeitschrift für geomorphologie, 12 (1)** Berlin, 1968. p: 25-42.
- GILBERT, G.K. Contribution to the history of lake Bonneville. **Annual Report of the U.S. Geological Survey, 2** Washington, 1982. p: 167-200.
- GOOD, J.E.G.; WALLACE H.L. ; WILLIAMS T.G. Management Units and their Use for Identification, Mapping and Management of Major Vegetation Types in Upland Conifer Forests. **Forestry, V.66, nº. 3.** Oxford Press. Oxford, 1993. p.261-290.
- GREEN, K.; KEMPKA, D.; LACKEY, L. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. **Photog. Engin. e Remote Sensing 60 (3)** 1994. p:265-271.
- GUAPYASSÚ, M. dos, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa Submontana - Morretes. Paraná.** Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Paraná Curitiba 1994.
- HACK, J.T. e GOODLETT, J.C. Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the central Appalachians. **U.S. Geol. Surv. Prof. Paper / 347**, Washington, 1960. 66p.
- HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science , 165,** 1969. 131-137
- HAFFER, J. Zoogeographical note son the non forest lowland birds faunas of north-western south America. **El Hornero, 10(4)** Buenos Aires, 1967. p.315-333.
- HASUI, Y e ALMEIDA, M.A. Aspectos estruturais na geomorfologia da área cristalina de São Paulo e Paraná. In : **Congresso Brasileiro De Geologia, Anais. VI 30,** Recife, 1978. p.360-65.

- HEIT, M. e SHORTREID, A. **GIS- Applications in natural resources**. GISWORLD, Colorado, 1991.
- HOWARD, A. D. Pediment passes and the pediment problem. **Zeitschrift fuer geomorphologie**, 5 Berlin, 1942. p: 1-31.
- HOWARD, A. D. Pediments, **Comptes Rendus de la. 19 e se. In Congres geologique Internationale**, 7, Alger, 1953. 119 p
- HOWARD, J. A. e MITCHELL . Phyto-geomorphyc classification of the landscape. **Geoforum**, 11. Pergamon. London, 1980. p.85-106.
- HOWARD, J. A. **Remote sensing of forest resources- Theory and application**. Chapman e Hall. London, 1991. 243 p.
- IBGE-BRASIL. Manual técnico da vegetação brasileira. **FIBGE - Manuais Técnicos de Geociências nº 1**. FIBGE. Rio de Janeiro, 1992. p.92.
- JENSEN, J. R. **Introductory Digital Image Processing; A remote sensing perspective**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1986. 379 p.
- JIMÉNEZ, J.M. **Geomorfologia geral**. SINTESIS. Madrid, 1993. p351
- JOHNSON, D. M. Rock fans of arid regions **Am. Journ. of Science**, 23. 1932. p: 389-416,
- JOURNAUX, A. O estudo das formações superficiais na França. **Sedimentologia e Pedologia**, (4) São Paulo, 1973. p: 1-19.
- JUSTUS, J de O. **Dissertação de Mestrado** Universidade Federal da Bahia (1985) in: BIGARELLA J.J. e MAZUCHOWSKI. **Visão integrada da problemática da erosão - Livro Guia. 3º Simpósio Nacional de Controle de erosão**. ABGE/ADEA, Maringá, 1985. 332p.
- KING, L.C. Canons of Landscape evolution -**Bull. Geol. Soc. of America** 64(70): - New York. 1953. p:721-752.
- KING, L.C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. 18 (2) Rio de Janeiro, 1956. p.147-265.
- KING, L.C. The uniformitarian nature of hill slopes. **Trans. Edin. Geol. Soc.**, 17 Edinburgh, 1957. (1)p: 81-102

- KLEIN, R.M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Anais Botânico do HBR Sellowia** Itajaí, 1960. nº 12. p.17-44
- KLEIN R.M. Aspectos fitofisionômicos da mata pluvial da costa atlântica do Sul do Brasil. **Bol. Soc. Argentina de Botânica. Vol.IX**.p. 121-140.
- KLEIN R.M. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica de partes dos municípios de Rio Branco do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo (PR). **Bol. UFPR. Inst. Geol.- Geografia Física nº 3**. Curitiba, 1962<sub>a</sub>. 33p (anexo planta).
- KLEIN, R.M. e HATSCHBACH G. Fisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores **Bol. Da Universidade do Paraná - Inst. de Geologia / Geografia Física nº4**. (anexo planta).Curitiba, 1962<sub>b</sub>. 30p
- KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia, nº 31**, Itajaí, 1979. p.1-164.
- KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do Sul do Brasil. **Sellowia 36(36)**, Itajaí, 1984.p. 5-54.
- LABOURIAU, M. L. S. **História ecológica da terra**. E. Blücher, São Paulo, 1994. p.307.
- LACOSTE, A. e SALANON, R. **Biogeografia**. 1ª ed. Barcelona: OIKOS-TAU, 1973. 271p.
- LANGBEIN, W.B. e SCHUMM, S.A. Yield of sediment in relation to mean annual precipitation. **Amer. Geophys. Union, trans., 39**, 1958. p.1076-1084.
- LEITE, P.F. As diferentes unidades Fitoecológicas da região Sul do Brasil - Proposta de Classificação. **Cad, Geoc. Nº 15**. IBGE, Rio de Janeiro, 1995.p.73-164.
- LEPSCH, I. F. e BOUL, S. W. Investigation in Oxisol Ultissol toposequences in S. Paulo State Brazil. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.,(38)**: 1974. p.491-6,
- LILLESAND, T.M e KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**, Wiley e Sons, Singapore, 1987. 721p.
- LOPES, J.A.U. Nota explicativa da folha geológica de Curitiba. **Boletim da Universidade Federal do Paraná. Geologia, (20)** Curitiba, 1966. p:1-20



- LUGDER, D.R. Aerial photographic interpretation. **Photogrametric Eng. And Remote Sensing**, **17**, 1960. 785-799.
- MAACK, R. A Serra do Mar no Estado do Paraná. **IBGE: Bol. Geogr.** **31(229)**. FIBGE. Rio de Janeiro, 1972.p.79-105.
- MAACK, R. Notas preliminares sobre o clima, solo e Vegetação no estado do Paraná. **Arq. Biol. Tecn. Vol. 3**. Curitiba, 1948.p.103-200.
- MAACK, R. Breves notícias sobre a geologia dos estados do Paraná e Santa Catarina. **Arq. Biol. Tecn. Vol. 2**. (anexos ilustrações e mapas) Curitiba, 1947.p. 66-154.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**.: Banco de Desenvolvimento do Paraná. Curitiba, 1968. p.350
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2 ed. J. Olympio, Rio de Janeiro, 1981, 442p.
- MARBLE, D.F. The north American geoprocessing experience: lessons and future prospects. **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**. USP. São Paulo, 1990.
- MARINI, O.J e FUCK, R.A. e TREIN, E. Intrusivas básicas jurássico - cretáceas do primeiro Planalto do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, **(23/25)** Curitiba, 1967. p: 307-23
- MARQUES,J.S. RIBEIRO M.F. e SANTANA J.S. Uso do Sensoriamento remoto e o mapeamento geomorfológico no Brasil - Uma amostragem no período 1970-1990 in: **Simpósio de Geografia Física Aplicada**. Curitiba, 1996. p 369-373.
- MARTIN, L. et al. Mapa geológico do quaternário costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina. **DNPM Sér. Geol. 28ª Seção, Geol. Básica 18**. São Paulo, 1986. 40 p.
- MARTIN, L. SUGUIO, K. Excursion route along the coastal plains of the States of Paraná and Santa Catarina. **Intern. Symp. Sea Level Changes and the Quatern. Shorelines, Spec. Public.** São Paulo, 1986. p .1-124
- MARTIN, L.; et al. **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado do Paraná**. Escala 1:200000. FAPESP/CNPq./USP. 50 x 61cm.São Paulo, 1988.
- MATHER, P.M. **Computer processing of remote sensed images: an introduction**. Wiley & Sons. New York, 1987. 352p.

- McGEE, J.W. Sheetflood erosion. **Bulletin of the geological society of America**, 8, , 1897. p: 87-112.
- MELO, E. C. DE e ALMEIDA F<sup>O</sup>. Mapeamento de Áreas Degradadas Pela Atividade e Garimpos na Região da Serra Tepequém (RR), Através de Imagens Landsat-TM. **Anais: VIII<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador, 1996. CD.
- MITCHEL, C.W. **Terrain evaluation** . Longmans, London , 1973.
- MOREAU, R. F. Climatic change and the distribution of forest vertebrates in West **Aplica. J. Zool.** **158**: London, 1969. p: 39-61
- MOUSINHO, M.R e BIGARELLA.J.J. Movimentos de massa no transporte dos detritos de meteorização das rochas. **Boletim Paranaense de Geografia.** (16/17) Curitiba, 1965. p: 43-84.
- MÜLLER,P. Vertbratenfaunen brasilianischer Inseln as indiciationen für glaziale und postglaziale vegetacion fluktuactionen. Verhd. **Deusches Zool. Ges.Würzburg**, Berlin, 1970.
- MURATORI, A. Nota explicativa da folha geológica de Campo Largo. **Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geologia (21)** Curitiba, 1996. p: 1-19.
- MURATORI, A. M. et al., **Mapeamento geomorfológico expedito da região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1988.(inédito).
- NOVO, E. M.L.M. **Sensoriamento Remoto princípios e aplicações** Ed. Edgand Blücher. São Paulo, 1989, p.308.
- ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia** Trad. Antônio Manuel de Azevedo Gomes Fundação Calouste Gulbenkion 4<sup>o</sup> edição Lisboa, 1988. 927p.
- OLIVEIRA, A. A. B. de. Análise da Dinâmica Geomorfológica da Planície do Rio Solimões, próximo a Manaus, através do Processamento Digital de Imagens de Sensores Ópticos e de Microondas **Anais: VIII<sup>o</sup> Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Salvador, 1996.
- ORELLANA, M.M.P. - **Metodologia integrada do estudo do meio ambiente. Geografia** **10(20)**. Rio Claro 1985 pag. 125-145.
- PARKER H. D. The unique qualities of a geographic information system: a commentary. **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**, 1988. **54(11)**: p.1547-1549

- PASSOS, E. **Relação entre vertentes e solos na região de Umbará - Curitiba /PR.** Dissertação de (Mestrado Ciências do Solo). UFPR. Curitiba, Pr. 1987. 194p.
- PASSOS E. ; COSTA T.M. **Levantamento de recursos naturais das várzeas de Curitiba. COMEC.** Curitiba, 1984. Inédito
- PASSOS E. ; COSTA T.M. **Levantamento de recursos naturais na Região Metropolitana de Curitiba. COMEC.** Curitiba, 1982. Inédito
- PASSOS, E. e BIGARELLA, J. J. in **Geomorfologia do Brasil.** Bertrand do Brasil Rio de Janeiro, 1998, p.107-141.
- PENCK, W. **Morphological analysis of land forms: a contributions to physical geology.** Mac Millan. London, 1953, p.429.
- PENTÉADO, M. M.e RANZANI, G. Problemas geomorfológicos relacionados com a gênese dos solos podzolizados. **Sedimentologia e Pedologia, (6)** São Paulo , 1973. p: 1-23.
- PETRI, S. e SUGUIO, K. Características granulométricas dos materiais de escorregamento de Caraguatatuba, São Paulo, como subsídio para o estudo da sedimentação Neo-cenozóica do sudeste Brasileiro In: **25º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais V1.** São Paulo, 1971. p: 71-82.
- PICKUP G.; CHEWINGS V.H. Correlation between DEM- derived topographic indices and Remotely-sensed vegetation cover in Ranger lands. **Earth Surface Processes and Landforms -The journal of the British geomorphological research group, Wiley.** Vol.21. London, 1996. p.517-529
- PCI- Easi-Pace. **Using PCI software.** Vol 1-2. Canadá, 1996. s/p.
- PIRNESS, C. T. Geomorphology annal soils, Willamoete, Valley, Oregon. Orey. State. **Univ. Agric. Exp. Special. Report 265,** Cornallis, 1968. p.31.
- PLOEY, J. de e CRUZ, O. Landslides in the Sierro do Mar - Brazil. **Catena** 62. 1979. p. 11-122.
- PRANCE, G. T. **Biological Diversification in the tropics.** Columbia University Press. New York, 1982. p. 714.

- QUEIROZ NETO, J. P. e MONTENESI, M. C. Observações preliminares sobre as relações entre solos e a geomorfologia na área de Itú-Salto. **Sedimentologia e Pedologia**, (3) São Paulo, 1973. p:1-28.
- RADAMBRASIL, Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, 1982. p.89-90.
- REMEZOV N.P. e POGREBNYAK P.S. **Forest soil science**. Trad. A. Gourevitch. IPST., Jerusalém, 1969. 261p.
- RICHARDS, J. A. **Remote sensing digital image analysis an introduction**. Springer-Verlag. Berlin, 1986. 281p.
- RICHARDS, P.W. **The tropical rain Forest**. Cambridge Press. Cambridge, 1979. 281p.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil. V.2**.Hucitec - Edusp. São Paulo, 1979. 374p.
- ROCHA et al. Levantamento geomorfológico com ênfase em solos na porção sul de tombamento da Serra do Mar. Convênio 52/90 UFPR-ITCF, escala 1:50000, Curitiba,1992. (inédito).
- ROCHA, H.O. **Die Boden und geomorphologischen Einheiten der region von Curitiba ( Paraná - Brasilien)**. Tese. Doutorado. Albert Ludwigs - Universitat. Freiburg, 1981. 175p.
- RODERJAN e KUNIYOSHI, Macrozoneamento florístico da área de proteção ambiental APA- Guaraqueçaba. **FUPEF: Série Técnica nº 15**. Curitiba, 1988. 53p.
- RODERJAN, C. V. e STRUMINSKI, E. **Caracterização e proposta de manejo da Serra da Baitaca, Quatro Barras - Pr.** FUPEF/ Fundação O Boticário de Proteção a Natureza. Curitiba, 1992. 123p.
- RODERJAN, C. V. **A floresta ombrófila densa altomontana do morro Anhangava, Quatro Barras**. Tese de Doutorado. Curitiba, 1994. p. 123
- ROHDENBURG, H. Morphodynamische Aktivitäts und Stabilitäts- zeiten statt pluvial und interpluvialzeiten. **Eiszeitalteru. 21** Gegenw., 1970. p: 81-96.
- ROHDENBURG, H. Beiträge zur allgemeinen Geomorphologie der Tropen und Sbtropen; Geomorphodynamik un vegetation Klimazyklische Sedimentation- Panplain/Pediplain- Pediment- Terrassentreppen. **Catena 10**, 1983. p: 393-438

- ROSA, R. Estudo geomorfológico comparação entre fotografias aéreas pancromáticas, coloridas e multiespectrais.. **Sociedade e Natureza**. V1. (n.2), Uberlândia, 1989. p.83-90.
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento**. EDUFU, Uberlândia, 1992. 109p.
- ROSS, R. e SNAPE, N. *in*: HEIT, M. e SHORTREID, A. **GIS- Applications in natural resources**. GISWORLD, Colorado, 1991.
- RUELLAN, F. Evolução geomorfológica da baía de Guanabara e regiões vizinhas. **Revista Brasileira de Geografia**, 4 (4) Rio de Janeiro, 1944.: 445-508
- RUELLAN, F. Interpretação geomorfológica da Serra do Mar no Paraná. 103ª Tertúlia do Cons. Nac. de Geogr. (27/III/1945)in **Boletim Geogreográfico**. 25., Rio de Janeiro, :81-82.
- RUHE, R. V. Geomorphic surfaces and the nature of soils. **Soil Science**, 82, 1956. p: 441-455
- RUHE, R. V. Geomorphic surface and the nature of soil. In: Drew, J. V. (ed) **Selected papers in soil formation and classification** Madison, Soil Science Society of America, (Special publication series, 1),1967. p.270-285.
- RUHE, R. V.; WALKER, P. H. Hell slope models and soil formation. I. Open systems. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE**, 9. Adelaide, 1968. Transaction of the .. journal paper nº 5736 Iowa, 1968. p:551-560.
- SANTOS FILHO, A. **Genese und Eigenschaften reprasetativer Bodenbtypen in der schichtstrefinlandschaft des Staates paraná, Brasilien**. Tese Doutorado, Albert - Ludwigs - Universität. Freiburg, 1977. p.192
- SANTOS FILHO, A. e ROCHA, H. O. Da. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz do Iguaçu, Pr II Óxidos pedogenéticos. **Rev. Setor de Ciências Agrárias**, 3: Curitiba, 1981a. p:133 - 137
- SANTOS FILHO, A. e ROCHA, H. O. Da. Relação entre solos e superfícies de erosão na região de Foz do Iguaçu, Pr. III Composição química total. **Rev. Setor de Ciências Agrárias**, 3. Curitiba, 1981b. p:139 - 142

- SANTOS FILHO, A. e ROCHA, H. O. da. Relação entre solos e superfícies de erosão na região na região de Foz do Iguaçu Pr. IV. **Argilominerais Rev. Setor de Ciências Agrárias** 7. Curitiba, 1981c. p.123-131.
- SEMA/PR- Secretaria do Estado do Meio Ambiente - Paraná. **Plano de manejo do Parque Estadual Pico do Marumbi**. Curitiba, 1996. 99p.
- SEMMEI, A. e ROHDENBURG, H. (1979). Untersuchungen zur boden- und reliefentwicklung in süd Brasilien. **Catena** 6/2. 1979. p.203-207
- SHOWENGERDT, R.A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing**.: Academic Press Inc. New York, 1983. 249 p.
- SILVA, F. C. Composição Florística fitossociológica de um trecho de floresta de restinga na Ilha do Mel, Município de Paranaguá, Pr. **Dissertação Mestrado Botânica**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1985. p. 95.
- SOTCHAVA, V. B. To the theory of classification of geosystems with terrestrial life - In: **Reports of the Institute of geography of Siberia and the Far East** v. 34, 1972. p. 3-14,
- SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão** (16), USP. São Paulo 1977. p: 1- 51
- SOTCHAVA, V. B. por uma teoria de geossistemas de vida terrestre. **Biogeografia** (14). USP. São Paulo, 1978. p: 1-24.
- STABLEIN, G. Geomorphic altitudinal zonation in the Arctic-alpine mountains of Greenland. **Mountain Research and Development**, 4. 1984. p:319-31
- SWANSON, F.J. e JAMES, M.E. Geology and geomorphology of the Experimental Forest, Western Cascades, Oregon. **U.S.D.A. For. Serv. Pac. Northwest. For. Range Exp. Station. PNW-188**, Portland 1975. 14p.
- THOWSHEND, J. Y. C. Justice: Information extraction from remotely sensed data. A user view, "**International journal of remote sensing**", vol. 2 (1981),p. 313-329.
- TOMLIN C. D. Cartographic modeling. In Maguire D.J.; Goodchild M. F. Rhind D.W. **Geographical Information Systems. V-1**, Canada: Longman, 1991. p. 361-374.
- TRICART, J. Divisão morfoclimática do Brasil Atlântico Central. **Boletim Paulista de Geografia**. 31 São Paulo, 1959 p: 3-44

- TRICART, J. Problemas geomorfológicos do litoral oriental do Brasil. **Boletim Baiano de Geografia Ano I, n.º 1**, Salvador, 1960. p. 5-39.
- TRICART, J. **Ecodinâmica SUPREN/IBGE**. Rio de Janeiro, 1977. p.97.
- TRICART, J. e KILIAN, J. **La eco-geografía y la ordenación del medio natural**. Ed. Anagrama, Barcelona, 1982.
- TROPPMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Graf Set . Rio Claro, 1987. 275p.
- TUAN, Y. F. Pediments in southeastern Arizona. **Geography**, Berkeley, 1959. **13**: 1-164.
- VANZOLINI, P.E. Paleoclimas e especiação de animais da América do Sul. **USP-Estudos Avançados 6(15)**. São Paulo, 1992.p.41-65.
- VELOSO, H. P. e KLEIN R. M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. II. Dinamismo e fidelidade das espécies em associações do município de Brusque, Estado de Santa Catarina. **Sellowia, 9(8)** Itajaí, 1957. p: 81 - 235.
- VELOSO, H. P. e KLEIN R. M. As comunidades das associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. IV. As associações situados entre rio Tubarão (SC) e a Lagoa dos Barvos (RS). **Sellowia, Itajaí, 15 (15)** 1963. p: 57 - 115.
- VELOSO, H.P. e KLEIN R. M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. As associações das planícies costeiras do Quaternário, situadas entre o rio Itapocu - Estado de Santa Catarina - e a baía de Paranaguá - Estado do Paraná. **Sellowia nº 13**. Itajaí, 1961. p.205-260.
- VELOSO, H.P. e KLEIN R. As comunidades e as associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. V. Agrupamento arbóreos da encosta catarinense, situados em sua parte norte. **Sellowia, 20 (20)** Itajaí, 1968a. p.53-126.
- VELOSO, H. P. e KLEIN R.M. As comunidades e associações vegetais da mata pluvial do sul do Brasil. VI. Agrupamentos arbóreos dos contra - fortes da Serra Geral situados ao sul da costa catarinense e ao norte da costa sul - rio - grandense. **Sellowia, 20 (20)**. Itajaí, 1968b. p.53 - 126.
- VELOSO, H. P. RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação Brasileira adaptada a um sistema universal**. IBGE. Rio de Janeiro 1991. 123p.
- VERSTAPPEN, H. T. **Remote sensing in geomorphology**. Amsterdam, Elsevier, 1977. 214p.



- WALTER, H. **Vegetation of the Earth in relation to climate and the eco. Physiological condition.** Trad. Joy wieser. English Universities Press e Springer - Verlay. New York, 1973. 273p.
- WILLIAMS, G. E. Characteristics and origin of Precambrian pediment. **J. Geology**, 77 , 1969. 183 - 207
- XAVIER-DA-SILVA, J. e CARVALHO-FILHO, L.M. Sistemas de informação geográfica: Uma Proposta Metodológica. **IIª Conferencia Latino Americana Sobre Sistema de Informação Geográfica / 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**, São Paulo ,1993. p:609-628.
- YOUNG, A. **Slopes.** Longman. London, 1972. p. 288.
- ZILLER, S. R. **Análise fitossociológica de caxetais.** Dissertação de Mestrado. Engenharia Florestal. UFPR. Curitiba,1992. 92p.

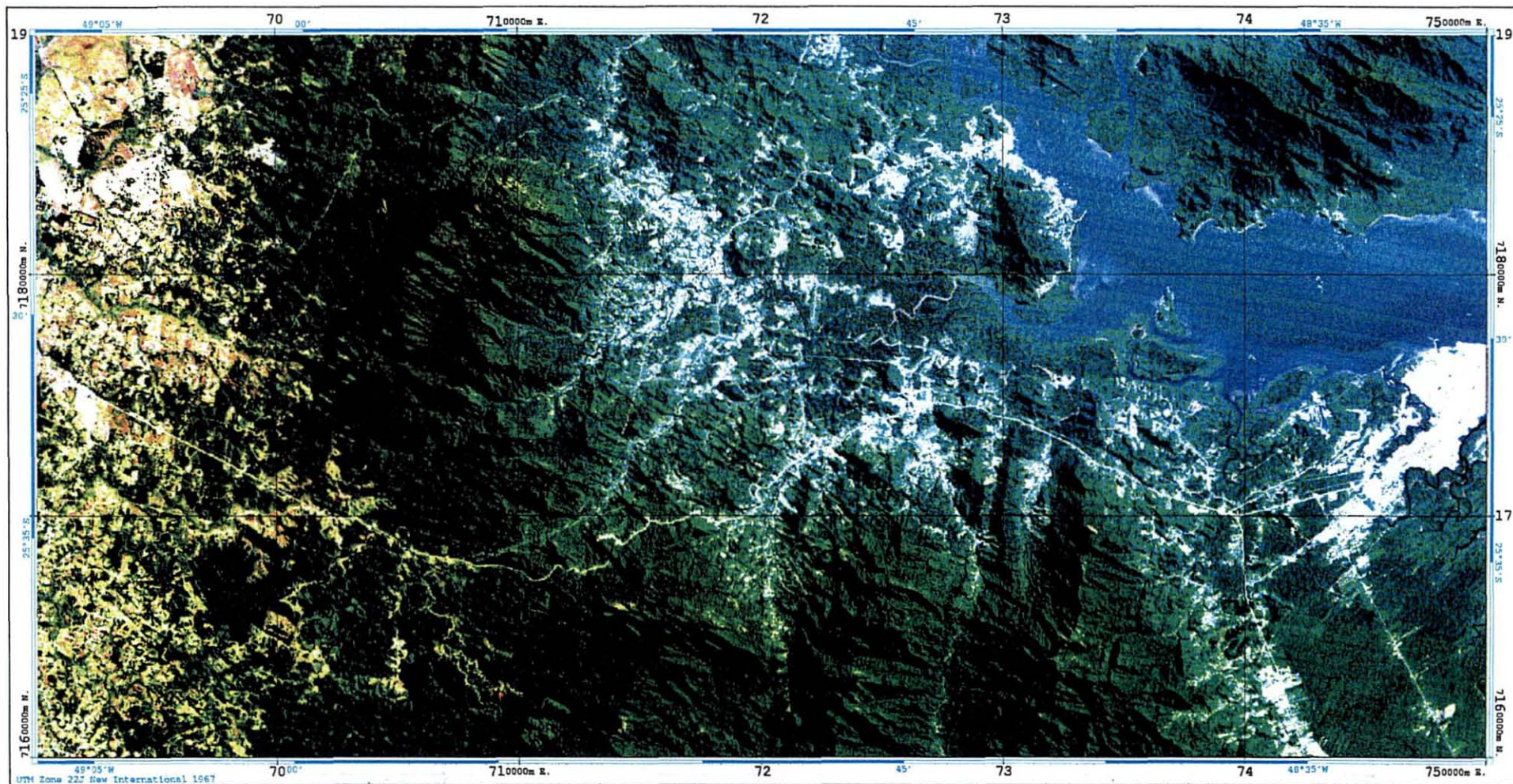
## 8. ANEXOS

**Anexo 8-1: Carta Imagem composição colorida, RGB- bandas 3,2 e 1 - Landsat-5 TM:**

(vide próxima página)

**Anexo 8-2: Carta Imagem composição colorida, RGB- bandas 5,4 e 3 - Landsat-5 TM:**

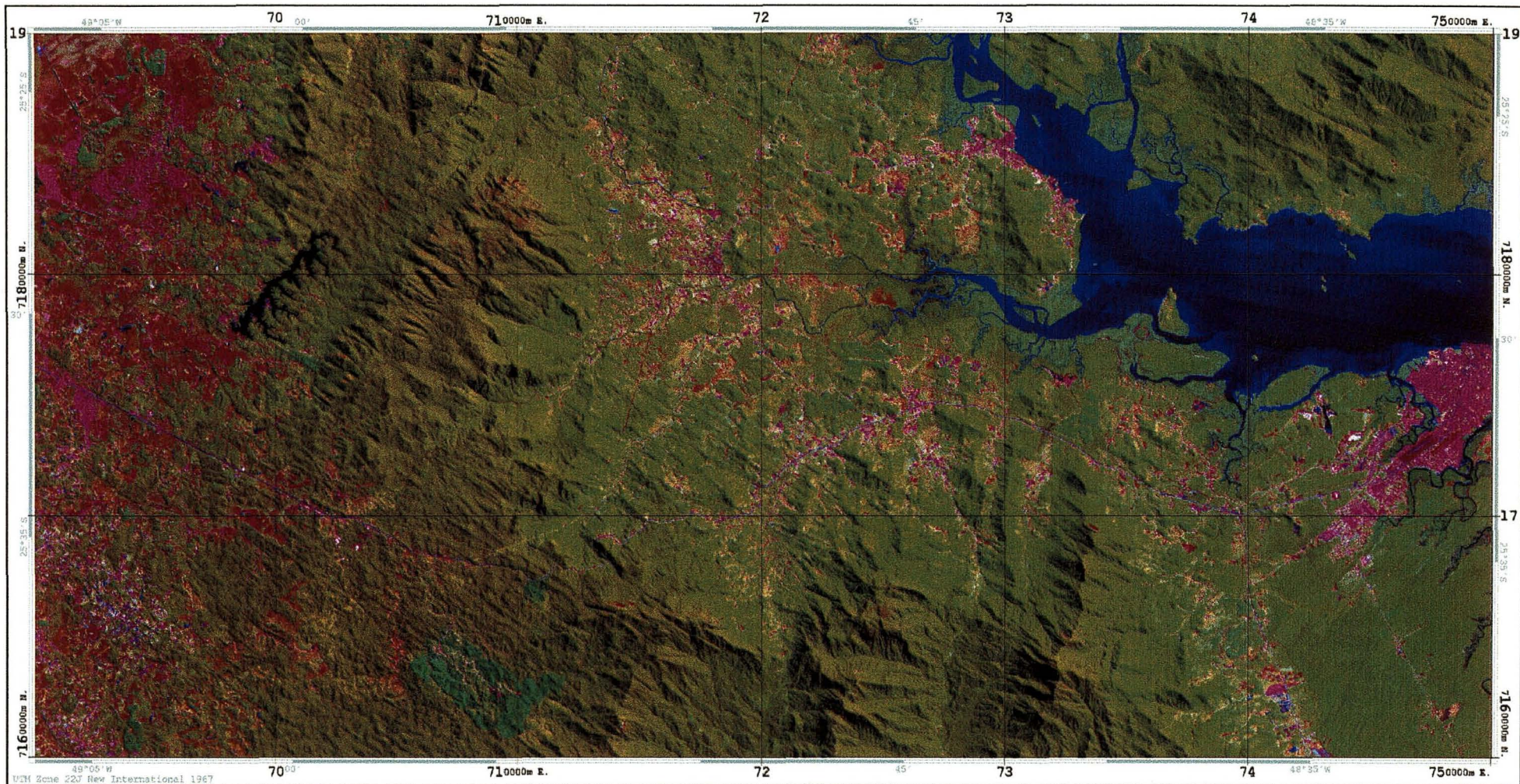
(vide página subsequente)



CARTA IMAGEM  
Landsat TM -1997 (bandas 1,2,3)







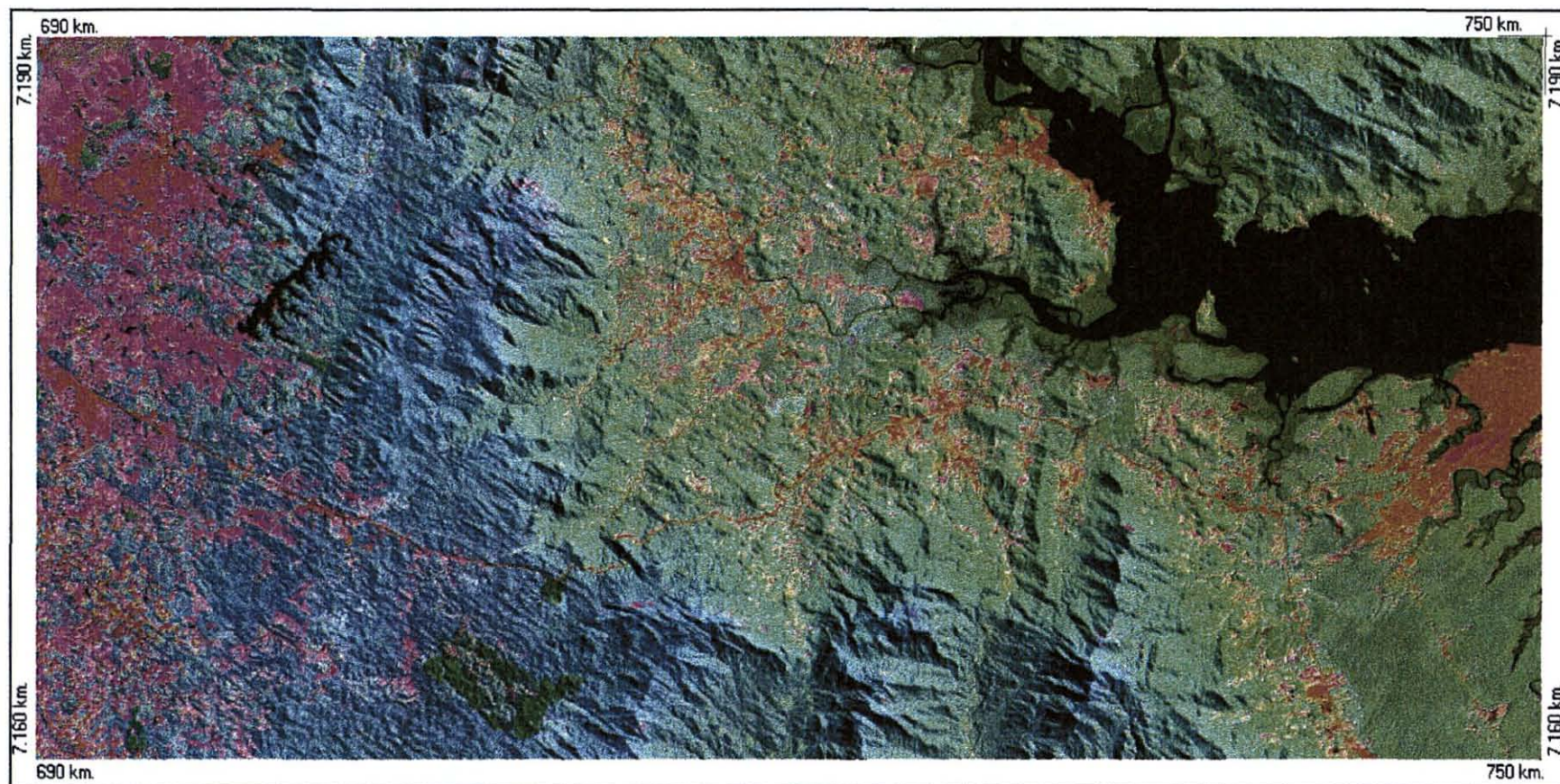
# CARTA IMAGEM

Landsat TM -1997 (bandas 3,4,5)

1:200 000 Scale

Kilometres 10 0 10

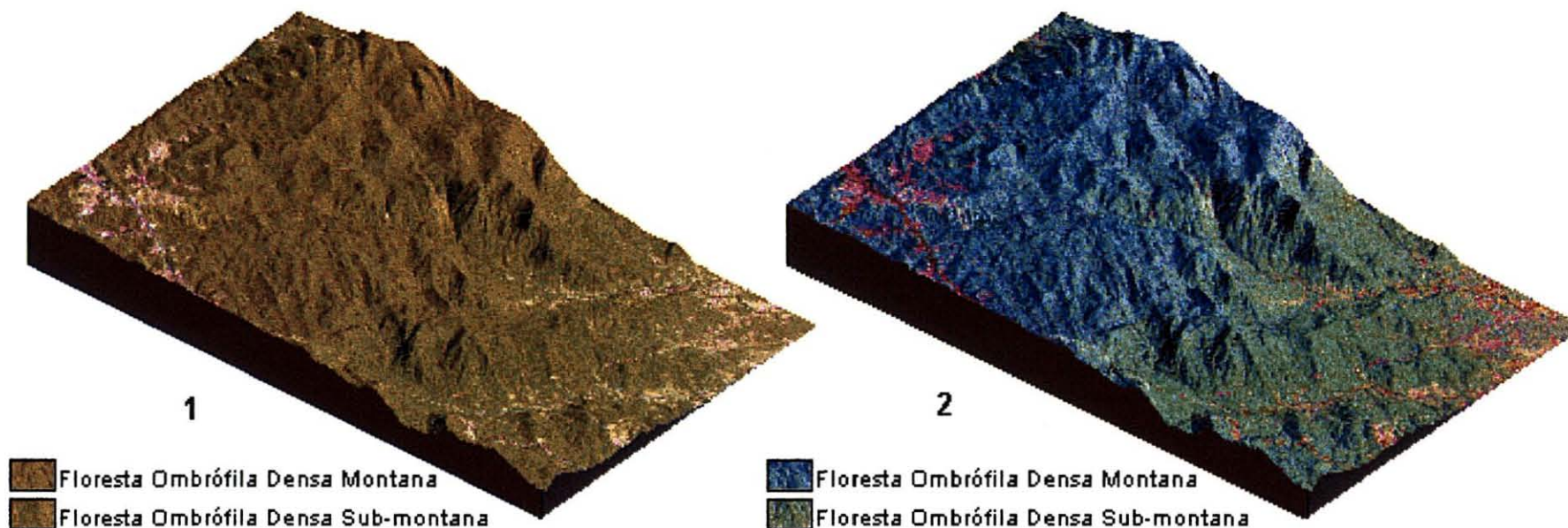




**Anexo 8-3: Composição colorida das principais componentes PC1; PC2 e PC3 do sensor Landsat5-TM realçada pelo método Martin-Taylor:**

Imagem com contraste realçado otimizado para interpretação visual. O princípio do método faz uso dos canais com valores transformados, tendo na saída de visualização no canal vermelho (**R = red**), os valores da primeira componente transformados em brilho (**B = brightness**) que conta o maior número de informações. Informações essas ciiiomuns á todas bandas envolvidas e que ainda concentra toda informação textural. O segundo canal do sistema de *display* o verde (**G = green**) dá saída aos valores da segunda componente com maior variância transformados como vermelho - esverdeado (**RG = red - greenness**) e a terceira principal componente transformada em canal Azul - amarelado (**BY = blue - yellowness**) tem como saída o canal azul (**B = blue**) do vídeo. Imagem pré-processada e tratada pelo método Martin-Taylor no software Easi Pace - PCI v.6.0 importada e manipulada no software IDRISIW v. 2.0.





**Anexo 8-4: Modelos de elevação do terreno com vista dos parcial da borda de planalto e serra e planície litorânea:**

Modelos digitais do terreno com vista a partir do Manancial da Serra - Represa de Piraquara (rumo NE), observa-se na porção central o profundo entalhamento em formato de canhão (cañon) produzido pelo rio São João e de seu afluente Ipiranga rios da bacia Atlântica que adentram este setor Intermontano do planalto, onde a direita no principal maciço Serra do Marumbi que apresenta em suas vertentes voltadas para a área planáltica, esta nitidamente realçada na textura e cores em relação a imagem a esquerda composição RGB das bandas 3,4,5 do sistema de sensores Landsat-5 TM (data 05/04/1997), em que na imagem a direita derivada das principais componentes das bandas 1,2,3,4,5 e 7 da mesma cena do Landsat-5, tratada com realce de contraste Martin Taylor no PCI- Easi/Pace. Ao longo do vale do Ipiranga, observa-se a direita nas encostas Serra do Marumbi as superfícies residuais do pediplano  $Pd_1$ , e logo abaixo superfícies pedimentares relativamente desenvolvidas, já e em seus diversos níveis mais elevados de topos exibe platôs relacionados a antigos pediplanos. No canto direito localiza-se a Serra da Baitaca maciço isolado em área do planalto onde junto ao fundo de vale de afluente do rio Ipiranga na soleira da Serra da Farinha Seca ocorre planície aluvial intermontana, no quadrante do canto superior encontra-se as colinas e morrotes com superfícies de pedimentadas. residuais em relevo cristalino junto a planície sedimentar litorânea vista no quadrante do canto direito, cortada pelo rio Nhundiaquara, são feições visíveis como se pode constatar mesmo em imagem orbital que serviram base a análise e classificação da paisagem. .



**Anexo 8-5: Modelo de elevação do terreno com imagem Landsat-5 TM Bandas 543 RGB da área pesquisada, vista de NE-SW num ângulo de 60°.**



**Anexo 6- Relatórios das matrizes de confusão e testes confiança de algumas das amostras usadas na classificação supervisionada gerado no PCI- Easi/Pace:**

**Vegetação Altomontana:**

Name	Code	Pixels	%Image
Altomont	1	422468	21.12
NULL	0	1577532	78.88
Total		2000000	100.00

**CONFUSION MATRIX**

\_\_\_\_Areas\_\_\_\_ Percent Pixels Classified by Code\_\_\_\_  
 Name Code Pixels 0 1

-----  
 Altomont 1 100 18.00 82.00

Average accuracy = 82.00 %

Overall accuracy = 82.00 %

**TOTALIZATION REPORT for Training Sites**

**SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Altomont code: 0**

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Altomont	1	422386	21.12	21.12
NULL	0	1577514	78.88	78.88

-----  
 Totals 1999900 100.00 100.00

**SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Altomont code: 1**

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Altomont	1	82	82.00	0.00
NULL	0	18	18.00	0.00

-----  
 Totals 100 100.00 0.00

**Campos de Altitude:**

Name	Code	Pixels	%Image
campalt	1	25947	1.30
NULL	0	1974053	98.70
Total		2000000	100.00

**CONFUSION MATRIX**

\_\_\_\_Areas\_\_\_\_ Percent Pixels Classified by Code\_\_\_\_  
 Name Code Pixels 0 1

-----  
 campalt 1 65 18.46 81.54

Average accuracy = 81.54 %

Overall accuracy = 81.54 %

**TOTALIZATION REPORT for Training Sites**

**SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: campalt code: 0**

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
campalt	1	25894	1.29	1.29
NULL	0	1974041	98.71	98.70

-----  
 Totals 1999935 100.00 100.00

**SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: campalt code: 1**

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
campalt	1	53	81.54	0.00
NULL	0	12	18.46	0.00

-----  
 Totals 65 100.00 0.00

**Áreas muito antropizadas:**

Name	Code	Pixels	%Image
Aantropic	1	240173	12.01
NULL	0	1759827	87.99
Total		2000000	100.00

**CONFUSION MATRIX**

\_\_\_\_Areas\_\_\_\_ Percent Pixels Classified by Code\_\_\_\_  
 Name Code Pixels 0 1

-----  
 Aantropic 1 678 16.67 83.33

Average accuracy = 83.33 %

Overall accuracy = 83.33 %

**TOTALIZATION REPORT for Training Sites**

**SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Aantropic code: 0**

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
------	------	--------	--------	--------

Aantropic	1	239608	11.98	11.98
NULL	0	1759714	88.02	87.99

---

Totals		1999322	100.00	99.97
--------	--	---------	--------	-------

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Aantropic code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Aantropic	1	565	83.33	0.03
NULL	0	113	16.67	0.01

---

Totals		678	100.00	0.03
--------	--	-----	--------	------

#### Mangue:

Name	Code	Pixels	%Image
Mangue	1	62072	3.10
NULL	0	1937928	96.90
Total		2000000	100.00

#### CONFUSION MATRIX

Areas		Percent Pixels Classified by Code	
Name	Code	0	1

---

Mangue	1	100	15.00	85.00
--------	---	-----	-------	-------

Average accuracy = 85.00 %

Overall accuracy = 85.00 %

TOTALIZATION REPORT for Training Sites

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Mangue code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Mangue	1	61987	3.10	3.10
NULL	0	1937913	96.90	96.90

---

Totals		1999900	100.00	100.00
--------	--	---------	--------	--------

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Mangue code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Mangue	1	85	85.00	0.00
NULL	0	15	15.00	0.00

---

Totals		100	100.00	0.00
--------	--	-----	--------	------

#### RESTINGA:

Name	Code	Pixels	%Image
Restinga	1	218648	10.93
NULL	0	1781352	89.07
Total		2000000	100.00

#### CONFUSION MATRIX

Areas		Percent Pixels Classified by Code	
Name	Code	0	1

---

Restinga	1	129	10.85	89.15
----------	---	-----	-------	-------

Average accuracy = 89.15 %

Overall accuracy = 89.15 %

TOTALIZATION REPORT for Training Sites

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Restinga code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Restinga	1	218533	10.93	10.93
NULL	0	1781338	89.07	89.07Y

---

Totals		1999871	100.00	99.99
--------	--	---------	--------	-------

SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Restinga code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Restinga	1	115	89.15	0.01
NULL	0	14	10.85	0.00

---

Totals		129	100.00	0.01
--------	--	-----	--------	------

#### REFLORESTAMENTO:

Name	Code	Pixels	%Image
Reflorestamento	1	38608	1.93
NULL	0	1961392	98.07
Total		2000000	100.00

#### CONFUSION MATRIX

Areas		Percent Pixels Classified by Code	
-------	--	-----------------------------------	--

Name	Code	Pixels	0	1
Reflorestamento	1	19	0.00	100.00
Average accuracy =100.00 %				
Overall accuracy =100.00 %				

## TOTALIZATION REPORT for Training Sites

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Reflorestame code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Reflorestamento	1	38589	1.93	1.93
NULL	0	1961392	98.07	98.07
Totals		1999981	100.00	100.00

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: Reflorestamento code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
Reflorestamento	1	19	100.00	0.00
Totals		19	100.00	0.00

## ÁGUA:

Name	Code	Pixels	%Image
agua	1	126733	6.34
NULL	0	1873267	93.66
Total		2000000	100.00

## CONFUSION MATRIX

Areas		Percent Pixels Classified by Code		
Name	Code	Pixels	0	1
agua	1	4801	10.56	89.44
Average accuracy = 89.44 %				
Overall accuracy = 89.44 %				

## TOTALIZATION REPORT for Training Sites

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: agua code: 0

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
agua	1	122439	6.14	6.12

NULL	0	1872760	93.86	93.64
Totals		1995199	100.00	99.76

## SUBTOTALIZATION REPORT for Training Site: agua code: 1

Name	Code	Pixels	%Train	%Image
agua	1	4294	89.44	0.21
NULL	0	507	10.56	0.03
Totals		4801	100.00	0.24



**Anexo 7: Imagem de localização dos GCP's e tabela de identificação com as coordenadas.**

Pontos de controle (GCP's) usados na correção geométrica e reamostragem efetuadas através do software PCI- Easi/Pace 6.0. (Vide descrição a seguir).

**Tabela 8.1: Tabela de identificação e localização dos pontos de controle GCPs. (Ground Control Points).**

Pontos de controle com suas respectivas coordenadas de imagem  $X_i$ ,  $Y_i$  e métricas  $X_f$  no sistema de projeção UTM das folhas topográficas (vide: Bases Cartográficas in Material e Métodos) com respectiva altitude em metros.

GCP's	$X_i$	$Y_i$	$X_f = m. E^*$	$Y_f = m. N^*$	Altitude** m.
1	4026.5625	295.6875	770475.00	7199725.00	20.00
2	3902.8750	5973.3750	725425.00	7029825.00	20.00
3	10.8750	3292.6250	628325.00	7131300.00	780.00
4	506.6250	374.3750	664500.00	7216450.00	920.00
5	2284.8750	5833.6250	678100.00	7042700.00	40.00
6	2859.8750	4129.1250	707675.00	7090880.00	20.00
7	2385.7500	2613.7500	704675.00	7138925.00	780.00
8	3681.6250	1735.6250	749696.00	7158307.00	5.00
10	4139.9750	876.8750	769665.13	7181650.00	3.00
11	2125.1250	4773.6250	681020.00	7075450.00	50.00
12	1096.6250	2225.1250	668921.00	7157512.00	900.00
13	1613.6250	3027.1250	678569.55	7130628.32	900.00
14	185.8750	5258.3750	619220.00	7071420.00	920.00
15	3523.6250	4654.8750	723654.88	7071500.00	20.00
16	2925.5625	1347.6875	729944.69	7174062.00	20.00
17	3078.6250	2104.6250	729016.00	7150497.26	18.00
19	2865.1250	3135.3750	715100.00	7120700.00	20.00
20	2917.9375	5296.0625	700899.72	7055485.37	40.00
21	885.3750	4692.1250	644460.00	7084580.35	0.00
22	1796.6250	3853.3750	677964.11	7104849.81	980.00
23	1104.8750	3723.6250	658195.73	7112460.78	0.00
24	972.8750	2878.3750	660439.90	7138549.21	880.00
25	224.1250	2032.3750	644615.00	7167916.00	0.00
26	1338.0625	1424.0625	681996.56	7180263.56	0.00
27	1982.7500	1833.2500	698317.34	7164518.55	920.00
28	921.8750	1684.3750	667610.73	7174701.68	890.00
29	3504.7500	2792.7500	636707.96	7127526.18	0.00
30	2788.6250	3618.1250	709309.61	7106580.00	20.00
32	2763.1250	591.6250	730596.00	7197637.00	0.00
33	2033.2500	539.7500	709179.98	7203116.16	0.00

Coordenadas Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator, com origem da quilometragem Equador e Meridiano Central 51° WGR, acrescidas das constantes de 10000 km e 500 km respectivamente, tendo como: \*\* Datum vertical Imbituba - SC e datum horizontal SAD-69.

### Anexo 8: Relatório de análise por componentes principais

Na análise por componentes principais utilizou-se as seis bandas da imagem originais (Raw1, Raw2, Raw3, Raw4, Raw5 e Raw6), que em sua maioria além do baixo contraste, apresentavam considerável correlação conforme pode ser observado no relatório a seguir. Tal técnica foi desenvolvida utilizando-se o software PCI- Easi/Pace, com o qual foram geradas seis novas imagens dos principais componentes (Pc1, Pc2, Pc3, Pc4, Pc5 e Pc6):

#### Data de geração do relatório: 18-JAN-98 (16:19)

Diretório de trabalho: c:\pci\user\1999\image.pix [S 41BIC 2000P 1000L] 18-Jan-98

Canais de entrada: 1 2 3 4 5 6

Canais de saída: 7 8 9 10 11 12

Eigencanais : 1 2 3 4 5 6

Janela de amostragem: 0 0 2000 1000

Tamanho da amostra: 2.000.000 pixels

Características:	Canal	Média	Desvio
	1	46.3707	4.6541
	2	19.0393	3.5302
	3	16.7254	5.8850
	4	58.7786	21.5565
	5	46.3118	20.4758
	6	10.3949	7.1493

#### Matriz de covariância dos canais de entrada:

	1	2	3	4	5	6
1	21.660					
2	14.148	12.462				
3	22.120	18.819	34.633			
4	3.680	17.805	10.824	464.682		
5	34.450	42.137	71.496	308.137	419.259	
6	18.754	18.248	33.647	59.107	128.373	51.113

Eigencanal	Eigenvalores	Desvio	Variância %
1	784.0706	28.0013	78.11%
2	181.9081	13.4873	18.12%
3	29.4204	5.4241	2.93%
4	4.1677	2.0415	0.42%
5	3.2542	1.8039	0.32%

6                      0.9884                      0.9942                      0.10%

Eigenvetores of covariance matrix (arranged by rows):

0.04231	0.06058	0.08614	0.69880	0.68230	0.18240
- 0.19586	- 0.14987	- 0.33106	0.66347	- 0.52009	- 0.34480
0.62091	0.39466	0.49209	0.23836	- 0.39540	0.05834
- 0.45190	- 0.07962	0.22433	0.11662	- 0.32333	0.78802
0.56341	- 0.19730	- 0.65056	- 0.00420	- 0.05560	0.46616
- 0.22953	0.87911	- 0.40898	- 0.03243	0.00006	0.07845

Scaling Information:

Eigen Channel	Output Channel	----- Unscaled -----		Deviation Range	Midpoint	Scale Factor
		Min	Max			
1	7	-75.998	177.528	3.00	127.500	1.524
2	8	-194.499	132.767	3.00	127.500	3.163
3	9	-62.767	196.235	3.00	127.500	7.866
4	10	-95.173	167.836	all	127.500	1.000
5	11	-141.467	118.549	all	127.500	1.000
6	12	-85.890	164.075	all	127.500	1.000

A partir das três componentes principais Pc1, Pc2 e Pc3, que apresentaram a maior variação de informações, foi gerada uma composição RGB na qual foi aplicada a técnica de realce de imagens Martin Taylor, para otimizar a análise visual, considerando-se que este realce produz uma imagem com cores intensamente saturadas (Figura 7.6)., que embora com colorido diverso das composições usuais, auxiliou bastante na interpretação e localização dos alvos em estudo.

Tabela 8.2: Solos das superfícies residuais de topo alto.

Classe de solo	Horizonte "A"	Textura	Fase Vegetação	Fase Relevo	Fase Pedregosidade e Rochosidade
Podzólico Vermelho Amarelo + Cambissolo	húmico turfoso - húmico	média argilosa	refúgio ecológico	ondulado e forte ondulado	pedregoso e rochoso
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico	média	refúgio ecológico	forte ondulado e ondulado	pedregoso e rochoso
Podzólico Vermelho Amarelo + Cambissolo	húmico e proeminente proeminente	média argilosa	ecótono	ondulado e suave ondulado	pedregoso
Cambissolo	proeminente e moderado	argilosa	ecótono	ondulado e forte ondulado	pedregoso
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico e proeminente	média	refúgio ecológico / ecótono	forte ondulado e montanhoso	pedregoso e rochoso
Cambissolo	moderado	média	ecótono e refúgio ecológico	ondulado forte ondulado	pedregoso
Litossolo + Afloramento Rochoso	turfoso	argilosa	altomontana	forte ondulado e montanhoso escarpado	rochoso
Litossolo	turfoso	argilosa	altomontana	forte ondulado e montanhoso	rochoso
Litossolo + Cambissolo raso	turfoso e húmico	argilosa	altomontana/ montana	forte ondulado e montanhoso	
Litossolo + Afloramento Rochoso	turfoso	média	altomontana	forte ondulado e ondulado	
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico e proeminente	argilosa	altomontana montana	montanhoso	rochoso
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico e proeminente	argilosa	montana	forte ondulado e escarpado	rochoso
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico e proeminente	argilosa	montana	montanhoso	rochoso
Cambissolo	moderado	argilosa cascalhenta	ecótono	forte ondulado e ondulado	pedregoso
Cambissolo raso	moderado	argilosa	ecótono/ altomontana	forte ondulado e ondulado	pedregoso
Cambissolo + Litossolo	moderado e húmico	argilosa e média	montana	forte ondulado e ondulado	
Cambissolo	moderado	média	montana	forte ondulado e ondulado	pedregoso
Litossolo + Cambissolo	moderado	média e argilosa	montana	forte ondulado e ondulado	
Classe de solo	Horizonte "A"	Textura	Fase Vegetação	Fase Relevo	Fase Pedregosidade e Rochosidade



Cambissolo + Litossolo + Afloramento Rochoso	proeminente moderado moderado	argilosa	montana	ondulado/ forte ondulado e forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo	moderado	argilosa média	altomontana	ondulado / forte ondulado	
Cambissolo + Litossolo + Afloramento Rochoso	moderado proeminente moderado	argilosa	montana	montanhoso / forte ondulado	
Cambissolo + Litossolo	moderado proeminente	argilosa	montana	ondulado / forte ondulado	pedregoso
Cambissolo + Podzólico Vermelho Amarelo câmbico	moderado	argilosa	transição	suave ondulado/ ondulado	
Cambissolo	moderado	argilosa	montana	ondulado/ forte ondulado	
Cambissolo + Litossolo + Afloramento Rochoso	moderado proeminente moderado	média argilosa e argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo + Litossolo + Afloramento Rochoso	moderado proeminente moderado	média argilosa e média	montana	montanhoso/ forte ondulado	
Cambissolo + Podzólico Vermelho Amarelo câmbico	moderado	argilosa e média argilosa	ecótono e montana	suave ondulado/ ondulado e ondulado	
Cambissolo	moderado	argilosa	montana	ondulado/ forte ondulado	
Cambissolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado	

Tabela 8.3: Solos das superfícies residuais de Pedimentos.

Classe de solo	Horizonte "A"	Textura	Fase Vegetação	Fase Relevo	Fase Pedregosidade e Rochosidade
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa cascalhenta e argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	pedregoso
Cambissolo + Litossolo	moderado/ proeminente e moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	pedregoso
Cambissolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Classe de solo	Horizonte "A"	Textura	Fase Vegetação	Fase Relevo	Fase Pedregosidade e Rochosidade
Cambissolo	moderado	argilosa	submontana	forte ondulado	

Cambissolo raso podzólico + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
<b>Classe de solo</b>	<b>Horizonte "A"</b>	<b>Textura</b>	<b>Fase Vegetação</b>	<b>Fase Relevo</b>	<b>Fase Pedregosidade e Rochosidade</b>
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo podzólico + Podzólico Vermelho Amarelo	moderado	argilosa e média argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	
Cambissolo podzólico + Podzólico Vermelho Amarelo + Afloramento Rochoso	moderado	argilosa cascalhenta e média argilosa	submontana e montana	forte ondulado / montanhoso	rochoso
Cambissolo	moderado	argilosa cascalhenta	montana	ondulado / forte ondulado	erodido rochoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontana	montanhoso	
Cambissolo	moderado	média argilosa	montana	montanhoso / forte ondulado	pedregoso
Cambissolo	moderado	média argilosa	submontana	montanhoso / forte ondulado	pedregoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo podzólico	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo podzólico	moderado	argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo latossólico	moderado	argilosa/média	montana e submontana	forte ondulado / montanhoso	pedregoso
Cambissolo latossólico	moderado	média/ argilosa	montana e submontana	forte ondulado / montanhoso	
<b>Classe de solo</b>	<b>Horizonte "A"</b>	<b>Textura</b>	<b>Fase Vegetação</b>	<b>Fase Relevo</b>	<b>Fase Pedregosidade e Rochosidade</b>
Cambissolo + Litossolo	moderado	média/argilosa e argilosa	submontana	forte ondulado	
Cambissolo + Litossolo + Afloramento Rochoso	moderado	média/argilosa e argilosa	montana	montanhoso	

Cambissolo latossólico	moderado	média/argilosa	submontan a	forte ondulado	
Cambissolo podzólico + Podzólico Vermelho Amarelo latossólico	moderado	argilosa cascalhenta e média/argilosa	submontan a	ondulado / forte ondulado	rochoso / pedregoso
Cambissolo podzólico + Podzólico Vermelho Amarelo latossólico	moderado	argilosa cascalhenta e média/argilosa	submontan a	ondulado / forte ondulado	rochoso / pedregoso
Cambissolo + Latossolo Vermelho Amarelo podzólico	moderado	argilosa	submontan a	ondulado / forte ondulado	
Classe de solo	Horizonte "A"	Textura	Fase Vegetação	Fase Relevo	Fase Pedregosidade e Rochosidade
Cambissolo podzólico + Latossolo Vermelho Amarelo podzólico	moderado	argilosa cascalhenta e argilosa	submontan a	ondulado / forte ondulado	rochoso / pedregoso
Cambissolo podzólico + Podzólico Vermelho Amarelo	moderado	argilosa e média/argilosa	submontan a	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo podzólico	moderado	argilosa cascalhenta	submontan a	ondulado / forte ondulado	rochoso / pedregoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontan a	forte ondulado	rochoso
Cambissolo podzólico	moderado	argilosa	submontan a	forte ondulado	rochoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontan a	montanhoso / forte ondulado	pedregoso
Cambissolo	moderado	média/argilosa	submontan a	ondulado / forte ondulado	pedregoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontan a	plano e suave ondulado	
Cambissolo	moderado	argilosa	submontan a	ondulado e suave ondulado	pedregoso

Tabela 8.4: Solos de Piemonte adjacentes a Pediplanos, Pedimentos e áreas indiferenciadas.

Classe de solo	Horizonte "A"	Textura	Fase Vegetação	Fase Relevo	Fase Pedregosidade e Rochosidade
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico / moderado	média	ecótono	forte ondulado / montanhoso	
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico / moderado	média	altomontana/ montana	escarpado / forte ondulado	muito rochoso

Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico moderado /	média	montana	escarpado / forte ondulado	
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico moderado /	média	refúgio ecológico	montanhoso / forte ondulado	
Litossolo + Afloramento Rochoso	húmico moderado /	média	montana	ondulado / forte ondulado	
Litossolo	turfoso/ húmico	arenosa e média	ecótono	forte ondulado	rochoso
Litossolo	moderado	argilosa	montana	montanhoso	pedregoso
Cambissolo + Litossolo	moderado e moderado /proeminente	argilosa/ argilosa cascalhenta e média	montana	forte ondulado / escarpado e montanhoso	
Cambissolo + Litossolo	moderado /proeminente	média/ argilosa e média	montana	forte ondulado / montanhoso	pedregoso/rochoso
Cambissolo + Litossolo	moderado/ proeminente	argilosa cascalhenta	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso/rochoso
Cambissolo + Litossolo	moderado	média /cascalhenta	submontana	forte ondulado	pedregoso/rochoso
Cambissolo + Litossolo	moderado	média /cascalhenta	montana	forte ondulado/ montanhoso	pedregoso/rochoso
Cambissolo + Litossolo	moderado	média /cascalhenta	submontana	forte ondulado / montanhoso e montanhoso escarpado	pedregoso/rochoso
Cambissolo + Litossolo	moderado/ proeminente e moderado	média /cascalhenta	submontana	forte ondulado / ondulado e montanhoso escarpado	pedregoso/rochoso
Cambissolo + Litossolo	moderado/ proeminente e moderado	argilosa /argilosa cascalhenta e argilosa cascalhenta	submontana	forte ondulado / ondulado e forte ondulado / montanhoso	pedregoso/rochoso
<b>Classe de solo</b>	<b>Horizonte "A"</b>	<b>Textura</b>	<b>Fase Vegetação</b>	<b>Fase Relevo</b>	<b>Fase Pedregosidade e Rochosidade</b>
Cambissolo + Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa e média argilosa e argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo + Afloramento Rochoso	moderado	média / argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	muito pedregoso / rochoso
Cambissolo + Cambissolo	moderado	argilosa e média / argilosa	submontana	forte ondulado / montanhoso	/ erodido rochoso
Cambissolo	moderado	média / argilosa	submontana	forte ondulado / montanhoso	erodido rochoso / erodido

Podzólico Vermelho Amarelo					
Cambissolo + Podzólico Vermelho Amarelo	moderado	argilosa / média e média / argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	erodido pedregoso rochoso/ erodido pedregoso
Cambissolo	moderado	argilosa /argilosa cascalhenta	submontana	montanhoso / forte ondulado	pedregoso / rochoso
Cambissolo	proeminente/ moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso / rochoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso / rochoso
Cambissolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso / rochoso
Cambissolo raso	moderado	argilosa cascalhenta	montana / submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo raso + Cambissolo podzólico	moderado	argilosa pouco cascalhenta / argilosa cascalhenta	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo raso + Cambissolo podzólico	moderado	argilosa pouco cascalhenta / argilosa cascalhenta	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo raso + Cambissolo podzólico	moderado	média	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso / rochoso
Cambissolo raso	moderado	argilosa cascalhenta	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo	moderado	argilosa	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo + Litossolo	moderado	argilosa/argilosa cascalhenta e argilosa cascalhenta	submontana	forte ondulado / ondulado	pedregoso / rochoso
<b>Classe de solo</b>	<b>Horizonte "A"</b>	<b>Textura</b>	<b>Fase Vegetação</b>	<b>Fase Relevo</b>	<b>Fase Pedregosidade e Rochosidade</b>
Cambissolo + Litossolo	moderado	argilosa cascalhenta e média	montana e / montana / submontana	forte ondulado / montanhoso	
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	pedregoso
Cambissolo + Litossolo +Afloramento Rochoso	moderado	média	montana/submontana	forte ondulado / escarpado	rochoso
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	submontana/montana	forte ondulado / montanhoso	pedregoso

Cambissolo raso + Litossolo	moderado	média	submontana	montanhoso	erodido e rochoso
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	rochoso / erodido
Cambissolo raso + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado	rochoso / erodido
Litossolo + Cambissolo raso	moderado	média cascalhenta	montana / ecótono	forte ondulado / ondulado	
Cambissolo + Latossolo Vermelho Amarelo podzólico	moderado	média e argilosa	montana	forte ondulado / montanhoso	erodido/ /
Cambissolo + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	rochoso
Cambissolo podzólico + Litossolo	moderado	argilosa	montana	forte ondulado / ondulado	rochoso
Cambissolo	moderado	média argilosa	montana	forte ondulado	